La Société canadienne d'hypothèques et de logement, l'organisme du logement du gouvernement du Canada, a pour mandat d'appliquer la Loi nationale sur l'habitation.

Cette loi a pour objet d'aider à améliorer les conditions d'habitation et de vie au Canada. C'est pourquoi la Société s'intéresse à tout ce qui concerne l'habitation, l'expansion et le développement urbains.

Aux termes de la Partie V de la Loi, le gouvernement du Canada autorise la SCHL à affecter des capitaux à des recherches sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et à publier et diffuser les résultats de ces recherches. La SCHL a donc une obligation légale de veiller à ce que tout renseignement de nature à améliorer les conditions d'habitation et de vie soit connu du plus grand nombre possible de personnes ou de groupes de personnes.

La présente publication est l'un des nombreux moyens d'information que la SCHL a produits avec l'aide de capitaux du gouvernement fédéral.

La construction de maisons efficaces au plan énergétique (EPÉ)

Also available in English under the title
Energy-Efficient Housing Construction

Société canadienne d'hypothèques et de logement

Canada Mortgage and Housing Corporation

Imprimé en novembre 1982
Révisé en novembre 1985

©Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1982

ISBN 0-662-91526-7
Nº au cat.: NH 17-16/1982F

Imprimé au Canada

92-05865/

Table des matières

Liste des figures

Avant-propos

Remerciements

Partie 1 1

La construction efficace au plan énergétique : justification 1

Chapitre 1. Introduction 3

L'énergie et le logement de l'avenir 3

Les avantages d'une construction EPÉ 4

Chapitre 2. Les principes de base de la construction EPÉ 6

Les grands objectifs 6

L'humidité dans la maison 7

Les grands principes de la construction EPÉ 10

Tableau comparatif 18

Partie II 21

Les techniques de base de la construction EPÉ 21

Chapitre 1. Introduction 23

Chapitre 2. Le pare-vapeur étanche à l'air 24

Installation 24

Position du pare-vapeur étanche à l'air 28

Quelques remarques sur les écrans hydrofuges 29

Chapitre 3. Les fondations 30

Murs de fondation en béton 30

Murs de fondation en bois traité 41

Planchers de sous-sol 43

Vides sanitaires et dalles flottantes 45

Chapitre 4. Les solives de rive 49

Aménagements en porte-à-faux et garages annexés 52

Chapitre 5. Les murs 53

Chapitre 6. Les plafonds 61

Plafonds cathédrale 65

Chapitre 7. Les fenêtres 67

Chapitre 8. Les portes 70

Chapitre 9. Gestion de l'air : aération intérieure 71

Chapitre 10. Gestion de l'air: aspects divers 74

Air comburant, air d'entraînement des gaz de combustion, pression interne 74

Foyers et poêles à bois 79

Appareils de chauffage portatifs 79

Conclusion 80

Bibliographie 81

Index des feuilles de travail 82

Liste des figures

1 Comparaison du bilan énergétique des maisons traditionnelles et des maisons EPÉ 6
2 Condensation dans les murs 8
3 Degrés-jours annuels (températures inférieures à 18° C) 12
4 Points de fuite et de pénétration d'air les plus fréquents dans une maison 13
5 Utilisation des surplombs pour limiter la pénétration du rayonnement solaire en été 17
6 Comparaison de divers types de construction 18
7 Fixation étanche du pare-vapeur sur l'ossature du mur 25
8 Position du pare-vapeur étanche à l'air 28
9 Positions relatives du pare-vapeur étanche à l'air, de la couche d'imperméabilisation et de l'écran hydrofuge 29
10 Isolation extérieure sur une fondation de béton 32
11 Parachèvement de l'isolation après le séchage des fondations 35
12 Isolation intérieure, avec ossature de bois et isolant en nattes 37
13 Pose de l'isolant rigide sur un mur de fondation en béton 39
14 Isolation des murs de fondation en bois traité 42
15 Isolation d'un plancher de sous-sol 43
16 Détails de l'installation du pare-vapeur avec des fondations en bois traité et une dalle de béton 44
17 Méthode d'isolation d'un plancher au-dessus d'un vide sanitaire 46
18 Isolation d'un vide sanitaire 47
19 Détails de l'isolation d'une dalle flottante 48
20 Disposition du pare-vapeur autour de la solive de rive du rez-de-chaussée 50
21 Disposition du pare-vapeur lorsque la fondation est isolée de l'intérieur et de l'extérieur 50
22 Isolation de la solive de rive 51
23 Isolation de la solive de rive 51
24 Isolation dans un aménagement en porte-à-faux 52
25 Mur à ossature unique 55
26 Deux possibilités d'éléments d'appui pour le parement de brique 56
27 Mur à ossature double 57
28 Aménagements des coins dans une construction à ossature double 58
29 Installation du pare-vapeur au droit des cloisons intérieures 60
30 Isolation du plafond 61
31 Liaison étanche et isolation autour d'une cheminée métallique 63
32 Création d'un joint étanche autour d'un conduit d'évent 64
33 Isolation et fermeture étanche de la trappe du grenier 64
34 Divers types de ferme de toit 65
35 Ferme soutenue par des poutres en I 66
36 Ventilation d'un toit cathédrale à poutres en I 66
37 Liaison étanche du pare-vapeur au cadre de la fenêtre 68
38 Diagramme d'un système de ventilation comportant un échangeur de chaleur 72
39 Liaison étanche des tuyaux d'évacuation au pare-vapeur 73
40 Système de ventilation ne comportant pas d'échangeur de chaleur 73
41 Aménagement d'une chaufferie 77

Avant-propos

Les maisons à grande efficacité énergétique (ou thermique) existent au Canada depuis plusieurs années. Récemment, des progrès dans la conception et les méthodes de construction de ces maisons ont donné naissance à une nouvelle génération d'habitations encore plus efficaces. Le rendement énergétique de ces bâtiments dépasse de beaucoup celui de leurs prédécesseurs «efficaces au plan énergétique». C'est pourquoi on les appelle quelquefois des maisons «super-efficaces au plan énergétique» ou des maisons «super-isolées». Dans le présent document toutefois, nous retiendrons les expressions plus simples de maison efficace au plan énergétique (EPÉ) ou maison à grande efficacité thermique (GET), vu que ces expressions désignent la nouvelle génération de maisons hautement efficaces au plan énergétique.

La présente publication se veut une introduction générale aux principes et aux méthodes de la construction efficace au plan énergétique. Elle vise aussi à compléter l'information contenue dans le diaporama de la SCHL intitulé «*Construction de l'enveloppe des maisons efficaces au plan énergétique*»*. **Toutefois, on n'y trouvera pas une étude exhaustive des méthodes de construction des maisons EPÉ, puisqu'il est présumé que le lecteur possède déjà une connaissance de base des méthodes de construction classiques. Plutôt que de s'attarder à des notions déjà connues, l'ouvrage portera surtout sur les caractéristiques propres de la construction EPÉ.**

La présente publication traite surtout de la construction pratiquée dans les petits bâtiments résidentiels de moins de 4 étages et de 600 mètres carrés d'espace habitable. Diverses idées et techniques y sont exposées pour aider ceux qui recherchent de nouveaux moyens de réaliser des économies d'énergie dans les bâtiments de ce genre. Bien que ces mesures soient nouvelles ou encore en évolution, elles ont toutes été mises en œuvre.

De façon générale, ces techniques sont faciles à utiliser. Mais elles donnent souvent lieu à des concepts physiques complexes qui peuvent exiger une assez vaste connaissance pour en faire des applications. **Aussi, le lecteur qui désire mettre en œuvre l'une ou l'autre des idées exposées ici doit en assumer la pleine responsabilité et obtenir des conseils d'expert dans les domaines qui lui paraissent peu familiers.**

Le présent document est divisé en deux grandes parties. La première porte sur les principes de la construction efficace au plan énergétique (EPÉ), tandis que la partie II donne des détails sur la réalisation de chacune des grandes composantes de la maison. Le texte est assorti de nombreuses figures, de façon à expliciter les grands principes de la construction EPÉ. À noter toutefois qu'on a omis de certains dessins les détails techniques de l'exécution qui n'étaient pas essentiels à la compréhension du principe illustré, et ceci pour plus de clarté. Au besoin, on a modifié légèrement les dessins pour montrer clairement la position du pare-vapeur étanche à l'air.

* Ottawa: Société canadienne d'hypothèques et de logement, mars 1982.

Remerciements

La Société canadienne d'hypothèques et de logement désire remercier George Matheson, de la firme Marbek Consultants, pour s'être chargé de la rédaction de cette publication d'après le travail initial de David Eyre du Conseil de recherche de la Saskatchewan et l'apport du personnel de la Division de la recherche technique de la SCHL. Les plans de construction, la conception graphique et l'impression sont l'œuvre des Studios Maruska. Fanis Grammenos de la SCHL a agi à titre de directeur de projet pour toutes les étapes de cette entreprise.

Partie I

La construction efficace au plan énergétique: qu'est-ce que c'est?

Chapitre 1 Introduction
Chapitre 2 Les principes de base de la construction EPE

Chapitre 1

Introduction

L'énergie et le logement de l'avenir

Les maisons construites aujourd'hui auront, pour la plupart, une durée de vie utile qui débordera largement dans le XXI[e] siècle. Les propriétaires de ces immeubles devront probablement faire face à des difficultés d'approvisionnement énergétique et à de fortes augmentations du prix de l'énergie. La construction de maisons aussi efficaces que possible sur le plan énergétique est donc une affaire de bon sens, qui suppose l'application de mesures d'économie de l'énergie plus rigoureuses dans la construction neuve.

Qu'est-ce que cela signifie pour l'industrie de la construction domiciliaire?

Cela signifie que le concept de la maison efficace au plan énergétique est là pour rester et que ce type d'habitation accaparera une part de plus en plus importante du marché domiciliaire, jusqu'à ce que la quasi-totalité des nouvelles mises en chantier soit de ce genre.

Cela signifie aussi que de plus en plus d'acheteurs éventuels de maison voudront connaître le niveau de leurs mensualités «PITÉ» (principal, intérêt, taxes, énergie) avant d'acheter, plutôt que de s'intéresser uniquement aux mensualités «PIT» (principal, intérêt, taxes) comme on le faisait jusqu'ici. L'efficacité énergétique deviendra donc, en tout état de cause, une caractéristique hautement souhaitable et recherchée.

Cela signifie également que l'industrie de la construction domiciliaire connaîtra une rapide évolution. Elle devra se familiariser avec de nouvelles techniques de construction et d'essai, de nouvelles normes et de nouveaux codes, ainsi qu'avec de nombreux nouveaux matériaux et éléments de quincaillerie.

Cela signifie en plus que les constructeurs qui ne s'adapteront pas à ces nouvelles conditions seront désavantagés.

Cela signifie surtout que les entreprises et les particuliers qui œuvrent dans l'industrie de la construction domiciliaire ont une occasion rêvée de s'inscrire, dès le début, dans ce qui pourrait devenir un secteur de croissance accélérée, celui de la construction de maisons efficaces au plan énergétique.

Les constructeurs canadiens détiennent une avance mondiale dans la mise en œuvre d'une nouvelle génération de maisons hautement efficaces sur le plan énergétique (EPÉ). Un certain nombre de projets d'avant-garde réalisés un peu partout au Canada ont donné des maisons tellement efficaces au plan thermique qu'elles ont à peine besoin d'installation pour le chauffage ambiant.

Ces habitations ne sont pas des maisons de type courant auxquelles on a ajouté un certain nombre d'éléments propres à favoriser les économies d'énergie; ces maisons représentent quelque chose de neuf, elles sont le fruit d'une évolution marquée des méthodes traditionnelles de construction. Pourtant, de l'extérieur, **elles ne se distinguent en rien** des maisons ordinaires, puisque c'est dans leur charpente qu'on retrouve la plupart des différences. Et ces différences ne sont pas aussi importantes qu'on pourrait le croire: de fait, les techniques de construction des maisons EPÉ sont nouvelles, mais elles n'en constituent pas moins un prolongement des pratiques courantes.

La transformation des méthodes de construction domiciliaire dans l'optique des maisons EPÉ exigera sûrement certains efforts, notamment pour l'apprentissage de nouvelles techniques ou l'adaptation des plans de construction bien établis. Par contre, il faut se rendre compte que la construction EPÉ fera appel aux mêmes compétences et aux mêmes métiers que la construction domiciliaire traditionnelle. Les constructeurs de maisons de type classique **peuvent** construire des maisons efficaces au plan énergétique — de fait plusieurs le font déjà. Il n'y a donc aucune raison pour que la transition vers la construction EPÉ entraîne des problèmes d'adaptation importants.

Les avantages d'une construction EPÉ

La maison efficace au plan énergétique est plus chère à construire qu'une maison de type classique. Comparativement à une maison construite selon les normes de 1975, le supplément à prévoir pour une maison unifamiliale varie entre 3 500 et 7 000 $ (prix de 1982).

Le coût de chauffage d'une maison est fonction du climat local, de la qualité thermique du bâtiment et du prix des moyens de chauffage dans la région. De façon générale, on peut toutefois situer entre 500 et 1 500 $ (chiffres de 1981) le coût annuel du chauffage pour la plupart des maisons construites au Canada. Dans une maison efficace au plan énergétique, le coût du chauffage peut être réduit jusqu'à 1/5 du coût ordinaire, ce qui revient à dire que l'épargne réalisée annuellement peut être de l'ordre de 400 à 1 200 $.

Pour l'acheteur éventuel, est-ce que l'investissement dans une maison EPÉ se justifie au plan financier? Pour répondre à cette question, il faut considérer trois facteurs:

L'achat d'une maison EPÉ peut supposer des mensualités «PITÉ» plus élevées au cours des premières années. Toutefois, il est probable que ces mensualités augmenteront moins rapidement dans le cas de la maison EPÉ que dans celle de la maison plus traditionnelle (par exemple, celle construite selon les normes de 1975), puisqu'on peut s'attendre à une hausse rapide des coûts de l'énergie.

La valeur de revente d'une maison isolée selon les normes EPÉ devrait augmenter plus rapidement que celle d'une maison ordinaire (comme celle des autres caractéristiques). Le taux de progression de cette augmentation est difficile à prévoir, mais les perspectives énergétiques du Canada, en termes de prix et d'approvisionnement, laissent supposer que les caractéristiques EPÉ d'une maison deviendront de plus en plus intéressantes au fil des ans et, de ce fait, monnayables.

Les frais d'isolation d'une maison sont normalement beaucoup plus faibles au stade de la **construction** qu'à toute étape **ultérieure**. Si on prévoit qu'une maison sera modifiée ultérieurement pour en augmenter l'efficacité thermique, alors on aura tout avantage à incorporer ces caractéristiques d'efficacité accrue dès l'étape de la construction.

Le rapport coût-bénéfice d'une construction EPÉ variera d'une maison à l'autre. Il faut prévoir en effet que les fluctuations de prix et d'avantages sont enregistrées en fonction de la disponibilité et du coût de l'énergie, des taux d'intérêt et du coût des matériaux et de la main d'œuvre. Par conséquent, il faut évaluer scrupuleusement ces coûts et avantages surtout si le choix de ces mesures EPÉ est fondé avant tout sur le rapport coût-efficacité.

Les économies financières ne constituent pas le seul attrait des maisons EPÉ. Les constructeurs de maisons peuvent en effet constater que bon nombre de propriétaires considèrent l'efficacité énergétique de leur maison comme une protection contre les conséquences les plus néfastes d'un avenir énergétique incertain, et ils sont prêts à payer pour cet avantage. De plus, les maisons EPÉ sont des logements confortables, puisque les courants d'air froid sont pratiquement éliminés, les murs restent chauds, les niveaux d'humidité sont modérés, les bruits sont atténués et les températures d'été plus agréables. Pour le propriétaire qui recherche le confort, la maison à grande efficacité thermique est très attrayante.

Chapitre 2

Les principes de base de la construction EPÉ

Les grands objectifs

L'objectif premier visé par les méthodes EPÉ est de réduire la **déperdition** de chaleur de la maison au point où le chauffage de l'aire habitable sera en grande partie assuré par les «apports de chaleur internes» (ou «chaleurs gratuites»). On entend par là toutes les sources de chaleur «gratuites» présentes dans chaque foyer : les appareils électriques et d'éclairage, les occupants et le rayonnement solaire à travers les fenêtres (chauffage solaire passif).

Les apports de chaleur internes fournissent près de la moitié des besoins de chaleur d'une maison bien isolée de type classique (voir la figure 1). Si ces besoins globaux de chaleur peuvent être réduits de moitié, il s'ensuit que les apports internes seront suffisants pour couvrir la plus grande partie des besoins restants. C'est en fait le résultat obtenu avec une maison à grande efficacité thermique : la déperdition de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment est à peu près la moitié de celle d'une maison de type classique. En conséquence, la quantité d'énergie con-

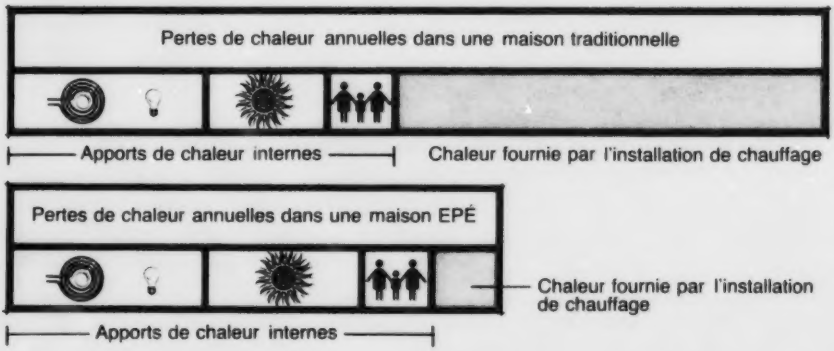


Figure 1. Comparaison du bilan énergétique des maisons traditionnelles et des maisons EPÉ

sommée pour le chauffage est abaissée à aussi peu qu'un dixième des niveaux de consommation courants. Dans certaines maisons particulièrement efficaces au plan énergétique, la demande de chaleur complémentaire est si faible que l'appareil de chauffage devient inutile.

Les objectifs de la construction EPÉ ne se limitent pas à réduire la déperdition de chaleur. La construction EPÉ vise aussi accessoirement à accroître les apports de chaleur internes; essentiellement par un effort modeste de récupération de la chaleur du rayonnement solaire (chaleur passive), chaque fois que c'est possible. Néanmoins, les méthodes de la construction EPÉ sont avant tout orientées vers la réduction des pertes d'énergie.

L'humidité dans la maison

Avant d'étudier les moyens mis en œuvre dans une construction EPÉ pour réduire la déperdition de chaleur, il importe de bien comprendre les problèmes reliés à la condensation de la vapeur d'eau dans les bâtiments. Ces problèmes se retrouvent, à des degrés divers, dans tous les types de maisons; toutefois, à moins qu'on accorde toute l'attention requise aux détails de la construction d'une maison EPÉ, les problèmes reliés à l'humidité pourraient s'y révéler encore plus graves qu'ailleurs.

Explication du phénomène

En moyenne, de 9 à 14 kilogrammes de vapeur d'eau sont libérés quotidiennement dans un logement par l'effet combiné de la respiration des occupants, de leur toilette personnelle, de la cuisson et de la lessive. La plus grande partie de cette humidité finit par s'échapper à l'extérieur. À cet égard, il faut relever trois grands mécanismes d'évacuation de la vapeur d'eau.

1. Dans bon nombre de maisons, une grande partie de l'humidité intérieure s'échappe en empruntant la ou les cheminée(s) qui évacuent les fumées du poêle, du foyer ou d'un autre appareil de chauffage.
2. Dans la plupart des maisons, des volumes importants d'air chaud intérieur s'échappent par diverses ouvertures et fentes des murs intérieurs, entraînant en même temps une partie de l'humidité produite par les occupants.
3. Enfin, la vapeur d'eau peut passer à travers les matériaux qui constituent l'enveloppe du bâtiment (revêtement sec intérieur, bois, etc.).

Dans les deux derniers cas, l'humidité qui s'échappe ne disparaît pas nécessairement sans laisser de trace. En passant de l'intérieur chauffé à l'extérieur froid, l'air chaud intérieur se refroidit et perd une partie de son humidité, puisque l'air froid ne retient pas autant d'humidité que l'air chaud: cette humidité peut alors se condenser sur les murs extérieurs ou dans le grenier (ou l'entretoit) de la maison (voir la figure 2).

L'eau qui se condense dans la charpente d'un immeuble peut réduire l'efficacité de tout matériau isolant sur lequel elle se dépose, puisqu'elle conduit bien la chaleur et qu'elle provoque en outre le tassement d'un certain nombre de matériaux isolants. De plus, cette eau, si elle n'est pas éliminée par la ventilation, risque de s'accumuler et de provoquer la pourriture du bois, le cloquage de la peinture et le développement de moisissures qui entraîneront d'éventuels dommages à la charpente.

L'humidité dans les maisons de type traditionnel

Les maisons construites selon les méthodes traditionnelles ont été protégées de ce type de dommages pour diverses raisons. La première de ces raisons est la présence du pare-vapeur normalement posé au moment de la construction. Pourtant, ce pare-vapeur, qui réduisait effectivement la diffusion de la vapeur d'eau dans les murs et les greniers, ne contribuait pas tellement à empêcher la condensation reliée aux fuites d'air et n'était pas, à ce point de vue, très efficace. À vrai dire, la charpente de ces immeubles a été protégée beaucoup plus efficacement par un certain nombre de facteurs qui sont, de façon générale, les conséquences fortuites d'une construction inefficace au plan énergétique.

Le premier de ces facteurs a trait à la dépression interne créée par les appareils de chauffage (poêle ou chaudière utilisant un combustible fossile). Comme nous l'avons mentionné plus tôt, une partie de l'air intérieur est évacuée par les cheminées et tuyaux de fumée auxquels ces appareils sont reliés. Ce mouvement naturel de l'air chaud qui s'élève du fait qu'il est plus léger est bien sûr accéléré quand les appareils de chauffage fonctionnent et créent un fort tirage thermique. Cet air perdu est remplacé par un air extérieur plus frais qui s'infiltre par les interstices de l'enveloppe du bâtiment. Le résultat de ce mouvement est de limiter la pénétration de l'air humide intérieur dans le grenier et les murs de la charpente. Comme l'appareil de chauffage fonctionne beaucoup plus dans les maisons mal isolées et peu étanches, le risque de condensation s'en trouve considérablement réduit.

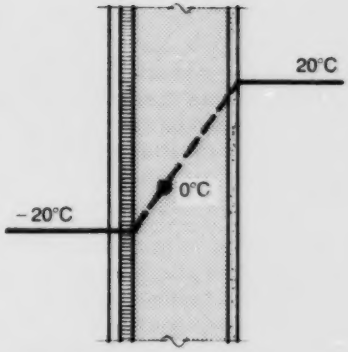


Figure 2. Condensation dans les murs

D'autres facteurs ont également contribué à protéger de l'humidité les maisons construites selon les méthodes traditionnelles. Ainsi, elles laissent pénétrer l'air extérieur si

facilement que ces maisons ont tendance à avoir une atmosphère intérieure plus sèche. Or, plus l'air est sec et plus il doit se refroidir avant de libérer son humidité. Ajoutons qu'on peut tolérer, de façon générale, une certaine condensation interne, puisque l'humidité finira par se revaporiser et par s'échapper à l'extérieur (surtout les jours de beau temps). Ce phémonène est particulièrement observable dans les greniers bien ventilés.

L'ensemble de ces facteurs a contribué à réduire les cas de dommages par l'humidité dans les maisons plus anciennes. Toutefois, ces cas pourraient se multiplier à la faveur d'une isolation plus poussée et d'une généralisation du chauffage électrique dans les maisons de type **traditionnel**.

Maisons efficaces au plan énergétique

Il est sans doute étonnant d'apprendre que plusieurs des phénomènes qui protégeaient les maisons de type tradionnel des degâts de l'humidité étaient attribuables à la mauvaise qualité thermique de la construction. La maison efficace au plan énergétique est donc plus vulnérable aux problèmes de condensation, puisqu'elle ne peut plus «profiter» de ces effets secondaires. Par exemple, les installations de chauffage des maisons EPÉ ne fonctionnent pas aussi longtemps, et peuvent même se passer de cheminée dans certains cas. Ceci signifie que l'air humide intérieur ne sera pas évacué (et remplacé par de l'air sec extérieur) aussi rapidement. De plus, comme le renouvellement de l'air est réduit considérablement dans les maisons EPÉ, le niveau d'humidité intérieur sera plus élevé (et aussi plus confortable) que dans les maisons de type traditionnel.

Ces deux facteurs augmentent le risque de condensation à l'intérieur de la charpente des maisons EPÉ. En conséquence, il faut prendre des précautions supplémentaires pour retenir l'humidité à l'intérieur de l'enveloppe de la maison, le pare-vapeur de type courant étant nettement insuffisant.

Les moyens ou les barrières à opposer au mouvement de l'air humide sont de deux ordres: d'abord, un pre-vapeur amélioré qui préviendra la **diffusion** de la vapeur dans les murs et le grenier, ensuite une membrane étanche à l'air qui empêchera **l'air intérieur d'envahir** l'enveloppe du bâtiment.

En pratique, on s'est rendu compte que les deux fonctions — pare-vapeur et membrane étanche à l'air — pouvaient êyre combinées facilement et efficacement en un seul pare-vapeur étanche à l'air capable d'arrêter à la fois l'humidité et l'air. Ce type de pare-vapeur est devenu l'un des éléments essentiels de la construction EPÉ et est étudié en détail dans les sections qui suivent.

Les grands principes de la construction EPÉ

La conception et la réalisation des maisons efficaces au plan énergétique reposent sur quatre grands principes :

1. Un niveau d'isolation thermique élevé.
2. Une construction étanche à l'air.
3. Un contrôle plus serré des mouvements de l'air dans la maison.
4. L'exploitation passive de la chaleur du rayonnement solaire (ou chauffage solaire passif).

Chacun de ces principes joue un rôle clé dans la conception et la réalisation d'une maison EPÉ. (On en fera une étude approfondie dans les pages qui suivent). La mise en œuvre de ces principes exige cependant une très grande qualité d'exécution des travaux, sous peine de ne pas tirer parti de tous les avantages anticipés d'une maison construite selon les normes EPÉ.

1er principe : Isolation thermique élevée

Les maisons EPÉ doivent comporter une enveloppe extérieure très bien isolée. Le tableau 1 divise le Canada en trois zones et propose des niveaux d'isolation minimums pour chaque zone. La délimitation de ces zones est réalisée sur la base des degrés-jours de chauffage, qui mesurent les besoins de chaleur en un lieu donné. Plus la saison froide est longue et extrême, plus le nombre de degrés-jours annuels est grand et plus le niveau d'isolation recommandé est élevé. On trouvera à la figure 3 une carte des degrés-jours pour le Canada.

Les valeurs RSI* indiquées dans le tableau 1 supposent une épaisseur considérable d'isolant. La seule façon de faire entrer cet isolant dans un mur est d'augmenter l'épaisseur de celui-ci au-delà de l'épaisseur habituelle de 89 mm. Un certain nombre de modèles de mur à couches multiples ont été élaborés, ou sont en voie d'être mis au point. Les modèles proposés comprennent des murs à ossature double, des murs munis de bandes de clouage (ou fourrures) ou des murs utilisant des panneaux isolants rigides comme revêtements. Quelques modèles comportent des montants de 140 mm d'épaisseur plutôt que les 89 mm habituels.

---

* Les valeurs (ou facteurs) RSI mesurent la résistance thermique des matériaux, le chiffre étant d'autant plus élevé que le matériau oppose une résistance efficace au transfert de la chaleur. Les valeurs RSI sont l'équivalent métrique des valeurs R dans le système impérial, la conversion s'établissant comme suit: RSI 1 = R 5,679.

	Zone A : jusqu'à 3 500 degrés-jours	Zone B : jusqu'à 5 000 degrés-jours	Zone C : jusqu'à 6 500 degrés-jours
1. Plafonds (y compris les plafonds cathédrale)	RSI 7,8	RSI 9,3	RSI 10,6
2. Murs	RSI 5,1	RSI 6	RSI 6,9
3. Fondations (enfouies à plus de 50% sous le niveau du sol)	RSI 2,2	RSI 3	RSI 3,9
4. Planchers exposés, vides sanitaires	RSI 4,7	RSI 4,7	RSI 4,7
5. Dalles flottantes (posées sur le sol)	RSI 2,2	RSI 3	RSI 3,9
6. Planchers de sous-sol	RSI 1,3	RSI 1,5	RSI 1,8

Nota 1 : RSI 1 = R 5,679

Nota 2 : Les valeurs d'isolation du Tableau 2 diffèrent de celles qui sont recommandées dans *Mesures d'économie de l'énergie*, 1983 (Ottawa : CNRC). Dans cette publication, les niveaux d'isolation sont calculés en fonction des prix de l'énergie : mazout — 15¢/litre, gaz — 20¢/m3, électricité — 3,5¢/kWh. Les prix n'étant pas les mêmes d'un bout à l'autre du pays, le Tableau 2 présente un facteur de redressement de 1,6 qui n'existe pas dans *Mesures d'économie de l'énergie*.

Tableau 2. Niveaux d'isolation recommandés pour différents éléments de la maison, selon la sévérité du climat.

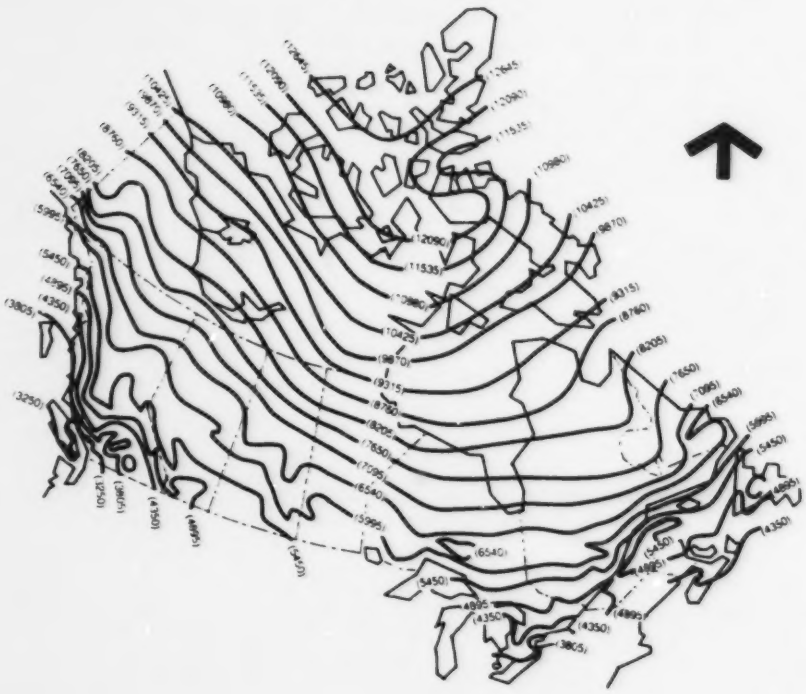


Figure 3. Degrés-jours annuels (températures inférieures à 18° C)

Les deux endroits d'un mur où la déperdition de chaleur est généralement la plus importante se situent au sommet et au pied du mur et autour des solives de rive, sièges de nombreux éléments de charpente en bois qui ont des propriétés isolantes relativement faibles et auxquels il convient d'accorder une protection supplémentaire dans la maison EPÉ.

Le renforcement de l'isolation dans les autres parties de l'habitation exige une modification moins profonde des méthodes de construction, mais il a quand même fallu mettre au point un certain nombre de techniques en réponse à des problèmes particuliers. Ces méthodes, ainsi que le détail de la construction des murs, font l'objet de la Partie II.

2e principe : Étanchéité à l'air

On trouve dans toute maison un grand nombre de points par où l'air peut passer, comme le montre la figure 4. Ces points laissent entrer l'air froid et sortir l'air chaud. Il n'est pas rare, dans une maison de type traditionnel, que la totalité de l'air intérieur soit renouvelé toutes les demi-heures. Nous avons déjà décrit un des grands problèmes reliés au mouvement de l'air à l'intérieur de l'habitation, soit le risque de condensation de l'air humide intérieur dans les murs de charpente et le grenier. À cela s'ajoute, sur le plan énergétique, un autre désavantage de taille : le fait que le renouvellement de l'air représente en moyenne de 25 à 30% de la perte de chaleur totale de la maison (et même plus si la maison qui a des fuites d'air est bien isolée).

L'installation d'un pare-vapeur étanche à l'air est une réponse à ces deux problèmes, puisqu'on crée une barrière d'étanchéité qui stoppe virtuellement toute fuite d'air intérieur vers l'extérieur (et vice versa) et empêche l'air humide intérieur d'aller déposer son eau dans la charpente des murs et dans les greniers.

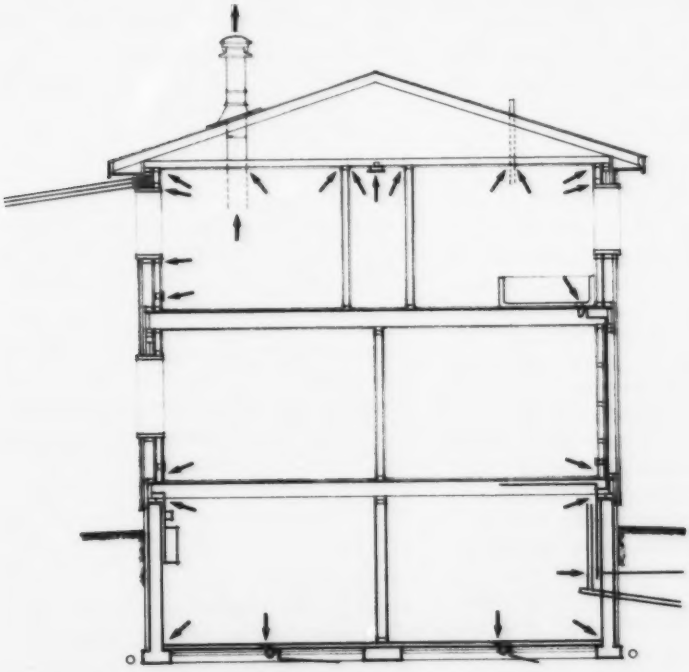


Figure 4. Points de fuite et de pénétration d'air les plus fréquents dans une maison

On utilise normalement, à cette fin, de très grandes feuilles de polyéthylène de 0,150 mm d'épaisseur.* Pour que la barrière soit vraiment étanche autour de l'aire habitée, on garnit toutes les surfaces de feuilles de polyéthylène qu'on joint soigneusement et qu'on scelle les unes aux autres. On créera également des joints étanches autour de toutes les ouvertures des murs, plafonds et planchers, comme les fenêtres, portes, évents de plomberie, cheminées, prises électriques, etc. Enfin, on s'assurera que les portes et autres ouvertures dans la barrière d'étanchéité sont conçues de manière à permettre un contrôle efficace du degré de fuite d'air.

Les techniques permettant d'assurer la continuité de cette barrière sont décrites en détail dans la partie II. Il s'agit là d'un aspect essentiel de la construction à grande efficacité thermique.

Pour s'assurer que l'on atteint un degré satisfaisant d'étanchéité à l'air, il existe des techniques pour mesurer le taux d'infiltration relative des maisons individuelles. Ces techniques prévoient l'utilisation de ventilateurs qui réduisent la pression à l'intérieur de la maison et ainsi exagèrent le taux d'infiltration naturelle. L'application de ce genre de test constitue un mécanisme précieux de contrôle de la qualité.

3e principe : Contrôle des mouvements de l'air

Parce que les maisons EPÉ sont construites de façon à être étanches à l'air, l'alimentation en air frais de l'extérieur doit faire l'objet d'un triple contrôle.

D'abord, il faut maintenir la bonne qualité de l'air. Aux vapeurs d'eau et aux odeurs en provenance de la cuisine et de la salle de bain, il faut ajouter la multitude des polluants libérés quotidiennement dans la maison, comme les aérosols et les vapeurs des produits de nettoyage et autres produits chimiques domestiques, la fumée de cigare et de cigarette, les gaz émis par certains matériaux neufs utilisés dans la fabrication des meubles, des tapis et des tissus, enfin le gaz radon qui s'infiltre dans le sous-sol à partir du sol avoisinant.

On doit donc pouvoir compter sur un apport d'air frais extérieur pour maintenir la bonne qualité de l'air intérieur. Dans une maison peu étanche, où l'air intérieur peut se renouveler complètement toutes les demi-heures, l'apport d'air frais est assez abondant. Cette «aération» n'est pas contrôlée, ni même contrôlable. Il en résulte une atmosphère relativement propre mais généralement trop sèche, et une grande déperdition de chaleur.

Dans une maison EPÉ, le taux de renouvellement naturel de l'air intérieur est beaucoup plus faible. Un changement complet de l'air peut prendre plusieurs heures. Ce taux n'est pas suffisant pour empêcher l'accumulation de l'humidité, des polluants et des odeurs.

---

* Il faut tenir compte, cependant, de la feuille de travail A dans la Partie II de cet ouvrage.

La solution consistera donc à prévoir une aération supplémentaire **contrôlée**. Il existe plusieurs façons d'y arriver, qui s'inspirent toutes d'un même schème de circulation relativement simple: l'air vicié est expulsé par un évent, tandis que l'air frais est amené à l'intérieur par une prise d'air donnant sur l'extérieur. Pour réduire les pertes de chaleur, on maintient le taux de renouvellement de l'air au minimum et on ajoute dans certains cas un échangeur de chaleur sur le conduit de sortie, de façon à récupérer la chaleur de l'air expulsé. Ce type d'échangeur de chaleur est de plus en plus répandu dans le commerce.

On trouvera plus de détails sur la ventilation intérieure des maisons dans le chapitre 9 de la partie II.

Dans le calcul des taux de renouvellement de l'air intérieur, il faut aussi tenir compte de l'air nécessaire à la combustion et au bon tirage des appareils de chauffage utilisant des matières combustibles (y compris les poêles à bois et les chauffe-eau).

Comme nous l'avons noté plus tôt, l'air nécessaire aux appareils de chauffage, dans les maisons de type courant, est tiré de l'intérieur de la maison, produisant ce qu'on appelle une «pression négative», c'est-à-dire un certain vide à l'intérieur de l'habitation. Ce vide attire à son tour de l'air extérieur qui s'infiltre par les nombreux interstices de l'enveloppe du bâtiment. Ainsi, l'air perdu par la cheminée est immédiatement remplacé par un apport d'air extérieur (bien que la pression de l'air à l'intérieur du bâtiment reste légèrement négative par rapport à celle de l'air extérieur). L'appareil de chauffage ne manque donc pas d'air comburant.

Dans une maison étanche à l'air, par contre, les gaz de combustion et l'air qu'ils entraînent avec eux ne peuvent être remplacés aussi facilement par les infiltrations d'air extérieur, du fait justement que le bâtiment est beaucoup plus étanche. C'est pourquoi, pour éviter les risques de refoulement des gaz de combustion dans la maison, il peut être nécessaire de prévoir, pour l'alimentation en air comburant de l'appareil de chauffage, un conduit distinct du dispositif de ventilation et d'alimentation en air frais de la maison. On trouvera dans le chapitre 10 de la partie II des indications sur la façon de réaliser cet aménagement.

Le troisième écueil à éviter en rapport avec l'alimentation en air est la création d'une pression **positive** à l'intérieur de la maison. Divers facteurs, comme l'action du vent sur les entrées et les sorties d'air, peuvent, en combinaison avec le système de ventilation décrit plus haut, produire une pression positive intérieure. Dans bon nombre de maisons traditionnelles, cette pression positive serait annulée par le tirage thermique des gaz de combustion (qui, nous l'avons précisé plus haut, tendent à créer une pression négative). Dans une maison EPÉ, cependant, il faut s'attendre à ce que la totalité de l'air nécessaire au fonctionnement de l'appareil de chauffage soit fourni par l'appareil même et ne provienne pas de l'intérieur même de la maison.

Ce phénomène de pression positive n'est pas souhaitable puisqu'il a pour effet de «bloquer» l'humidité dans la maison, d'où elle peut gagner le grenier et l'intérieur des murs. Il en résultera de la condensation et, éventuellement, des dommages à la charpente. Des mesures particulières sont donc nécessaires pour assurer une pression négative dans les maisons EPÉ. Ces mesures varieront en fonction du système de chauffage employé. L'éventail des possibilités est décrit au chapitre 10 de la Partie II.

4e principe : Exploitation passive de la chaleur du rayonnement solaire

En plus de viser la réduction des pertes de chaleur à l'intérieur de la maison, la construction à grande efficacité thermique s'efforce de tirer profit de la chaleur du rayonnement solaire, par la méthode passive. L'aspect essentiel de cette méthode consiste à disposer les fenêtres de façon à profiter de la chaleur du soleil. Les maisons EPÉ sont donc, autant que possible, orientées de façon à laisser entrer le maximum de rayonnement solaire en hiver, les fenêtres étant bien sûr concentrées du côté sud. Le nombre des fenêtres n'est pas nécessairement plus grand, mais celles-ci ne sont pas disposées aux mêmes endroits. Cette relocalisation des fenêtres ne coûte rien, mais elle permet d'alléger la charge de chauffage des maisons EPÉ dans des proportions qui peuvent atteindre 30 pour cent ou plus.

En principe, on peut non seulement concentrer les fenêtres du côté sud, mais aussi accroître leur superficie totale au-delà de ce qui se fait généralement dans une construction de type traditionnel. Le cas échéant, toutefois, il **faudra** prévoir une «masse thermique» plus importante pour emmagasiner le supplément de chaleur solaire ainsi captée, faute de quoi l'intérieur du bâtiment sera exposé à des variations de température importantes. Compte tenu du coût supplémentaire inhérent à la création d'une masse thermique plus grande et des pertes de chaleur subies par les fenêtres mal isolées en l'absence de rayonnement

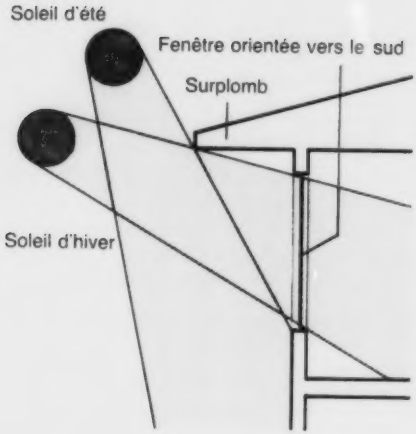


Figure 5. Utilisation des surplombs pour limiter la pénétration du rayonnement solaire en été

solaire, la superficie totale des fenêtres dans les maisons EPÉ est généralement maintenue au niveau des maisons de type courant.

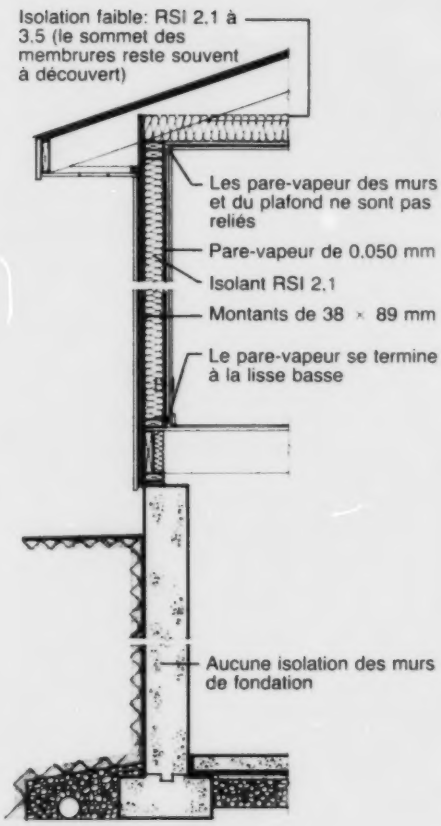
Il faut rappeler ici que le rayonnement solaire agit l'année durant, et non pas seulement en hiver. Si on ne prend aucune mesure pour en atténuer les effets, le soleil d'été peut surchauffer n'importe quel type d'habitation, et notamment une maison aménagée en vue du chauffage solaire passif. C'est pourquoi il importe de prévoir un écran quelconque — auvent escamotable, châssis mobiles en surplomb ou arbres à feuilles caduques — pour bloquer le soleil en été. Une autre méthode consiste à prévoir un surplomb ou un débord fixe dont l'avancement sera calculé en fonction de l'inclinaison différente du soleil en hiver et en été, de façon à tirer profit de son rayonnement en hiver et à le tenir en échec en été (voir la figure 5).

On trouvera des renseignements supplémentaires sur les fenêtres et le chauffage solaire passif dans le chapitre 7 de la partie II.

Tableau comparatif

À titre récapitulatif, la figure 6 compare, sous divers aspects, la maison EPÉ et deux types de maison plus traditionnels. La «maison type de 1975» est le modèle de base bien connu, en fait la première génération des maisons construites avec un souci énergétique. La maison de 1978, avec ses caractéristiques standard, est inspirée d'une publication du Conseil national de recherches intitulée «*Mesures d'économie d'énergie dans les nouveaux bâtiments*, 1978», qui recommande une série de normes minimales pour la construction domiciliaire en fonction des impératifs d'économie de l'énergie.* Ce dernier modèle représente un progrès considérable par rapport au modèle standard de 1975, mais ne comporte pas d'amélioration notable sur des aspects aussi fondamentaux que l'utilisation du pare-vapeur.

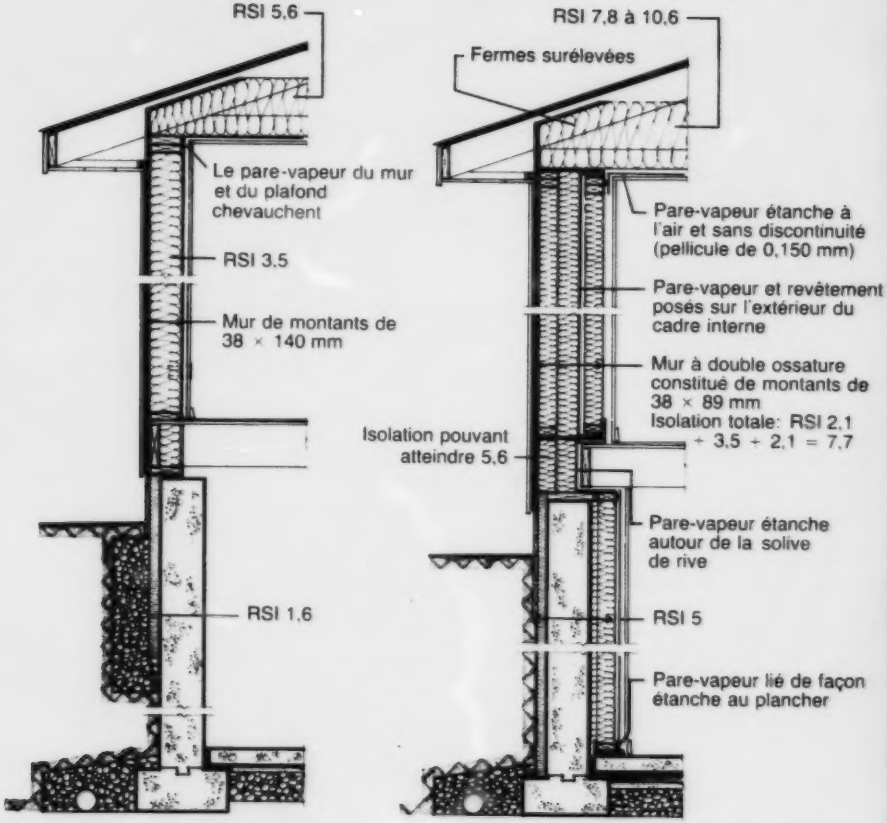
En résumé, la maison EPÉ prévoit une isolation plus poussée, une plus grande étanchéité à l'air, un contrôle plus efficace des mouvements de l'air et une exploitation plus rationnelle de la chaleur du soleil par la voie passive. On peut constater, dès le premier coup d'oeil, que la maison EPÉ représente une nette amélioration par rapport aux méthodes de construction traditionnelles et même une amélioration sensible par rapport aux méthodes préconisées dans les mesures d'efficacité énergétique de 1978.



A CONSTRUCTION DE QUALITÉ COURANTE (type 1975)

Figure 6. Comparaison de divers types de construction

* Comité associé du Code national du bâtiment, *Mesures d'économie d'énergie dans les nouveaux bâtiments*, CNRC n° 16574. Ottawa : Conseil national de recherches, 1978. Voir aussi: *Économies d'énergie dans les petits bâtiments résidentiels neufs*, LNH 5417 81/06. Ottawa : Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1981.



B CONSTRUCTION RÉPONDANT AUX NORMES DES «MESURES D'ÉCONOMIE» (1978)

C MAISON EFFICACE AU PLAN ÉNERGÉTIQUE (EPÉ)

Partie II

Les techniques de base de la construction EPE

Chapitre 1 Introduction
Chapitre 2 Le pare-vapeur etanche a l air
Chapitre 3 Les fondations
Chapitre 4 Les solives de rive
Chapitre 5 Les murs
Chapitre 6 Les plafonds
Chapitre 7 Les fenetres
Chapitre 8 Les portes
Chapitre 9 Gestion de l air aeration interieure
Chapitre 10 Gestion de l air aspects divers

Chapitre 1

Introduction

La partie II porte sur les aspects les plus importants de la construction des maisons à grande efficacité thermique, en particulier la pose de l'isolant et l'installation du pare-vapeur étanche à l'air. On **ne** traitera **pas**, dans le présent ouvrage, de sujets comme le montage de la charpente, les méthodes de clouage, l'installation des fenêtres, la mise en place de parements et les autres aspects de la construction traditionnelle, à moins que les méthodes EPÉ divergent notablement de la pratique courante. Ainsi, sauf indication contraire, il faut supposer que les méthodes de la construction EPÉ suivent généralement les techniques normalisées.*

Les prochains chapitres décrivent l'une après l'autre chacune des techniques **spéciales** la construction efficace au plan énergétique. À cause de son importance particulière, l'installation du pare-vapeur étanche à l'air (qui couvre toutes les parties de l'enveloppe du bâtiment) suit immédiatement l'introduction (chapitre 2). Les chapitres suivants traitent des techniques EPÉ appliquées dans diverses parties de la maison, des fondations à la toiture. Pour plus de clarté et de facilité de consultation, l'information est présentée dans une série de documents ou feuilles de travail détaillées. Les remarques et les explications générales figurent dans le texte d'accompagnement.

En abordant chacun des sujets, il faut se rappeler qu'il existe un grand nombre de moyens d'atteindre des niveaux d'efficacité thermique élevée. Par exemple, il n'y a pas une seule «bonne» façon d'isoler un mur; c'est d'ailleurs pour cette raison que sont présentées un certain nombre de solutions possibles. Ces options peuvent, bien sûr, être modifiées en fonction des choix particuliers retenus pour la réalisation de la maison, sous réserve toutefois que les principes généraux de la construction EPÉ soient respectés et que les travaux soient exécutés avec soin.

* Pour une étude détaillée des techniques de base de la construction, se reporter à la «Construction de maisons à ossature de bois au Canada» — Édition métrique, LNH 5031M Ottawa : Société canadienne d'hypothèques et de logement. Voir aussi le «Glossaire des termes de construction et de l'aménagement de terrains», LNH 1165. Ottawa : Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1982.

Chapitre 2

Le pare-vapeur étanche à l'air

Installation

Le pare-vapeur étanche à l'air d'une maison EPÉ **doit** être posé de façon à créer une barrière d'étanchéité à peu près totale autour de l'immeuble. Pour cette raison, le pare-vapeur doit couvrir toutes les surfaces de la maison: fondations, solives de rives, murs et plafonds.

La technique de base permettant d'assurer l'étanchéité de l'enveloppe est la même partout où le pare-vapeur est installé: on en trouvera les grandes lignes dans la feuille de travail A. Les précautions à prendre pour les fenêtres, les portes, les solives de rive, les évents et d'autres éléments présentant des difficultés particulières sont traitées dans les chapitres suivants à mesure que le sujet est abordé.*

* Pour les situations particulières non couvertes dans les chapitres ultérieurs, le lecteur pourra consulter l'ouvrage de D. Eyre et D. Jennings intitulé «*Les membranes d'étanchéité*», Ottawa, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 3e édition, mars 1982.

Feuille de travail A

Installation du pare-vapeur étanche à l'air

Se reporter à la figure 7.

1. La pellicule de polyéthylène est normalement recommandée comme pare-vapeur étanche à l'air. On choisira de préférence l'épaisseur de 0,150 mm, parce que le matériau résiste mieux aux mauvais traitements qu'il pourrait subir dans le cours des travaux (si on le compare aux pellicules de 0,100 et surtout de 0,05 mm).

2. Tous les joints reliant deux feuilles de polyéthylène doivent prendre appui sur un support de bois bien ancré. Le joint comme tel doit être garni d'un filet continu de pâte de calfeutrage (ou pâte à joints) de qualité acoustique, de préférence. Les deux feuilles doivent être pressées légèrement l'une contre l'autre tout le long du filet de pâte et le joint doit être immobilisé au moyen d'agrafes ancrées dans le bois. À noter que la pâte ne doit pas être considérée comme un adhésif : les agrafes sont donc nécessaires dans tous les cas.

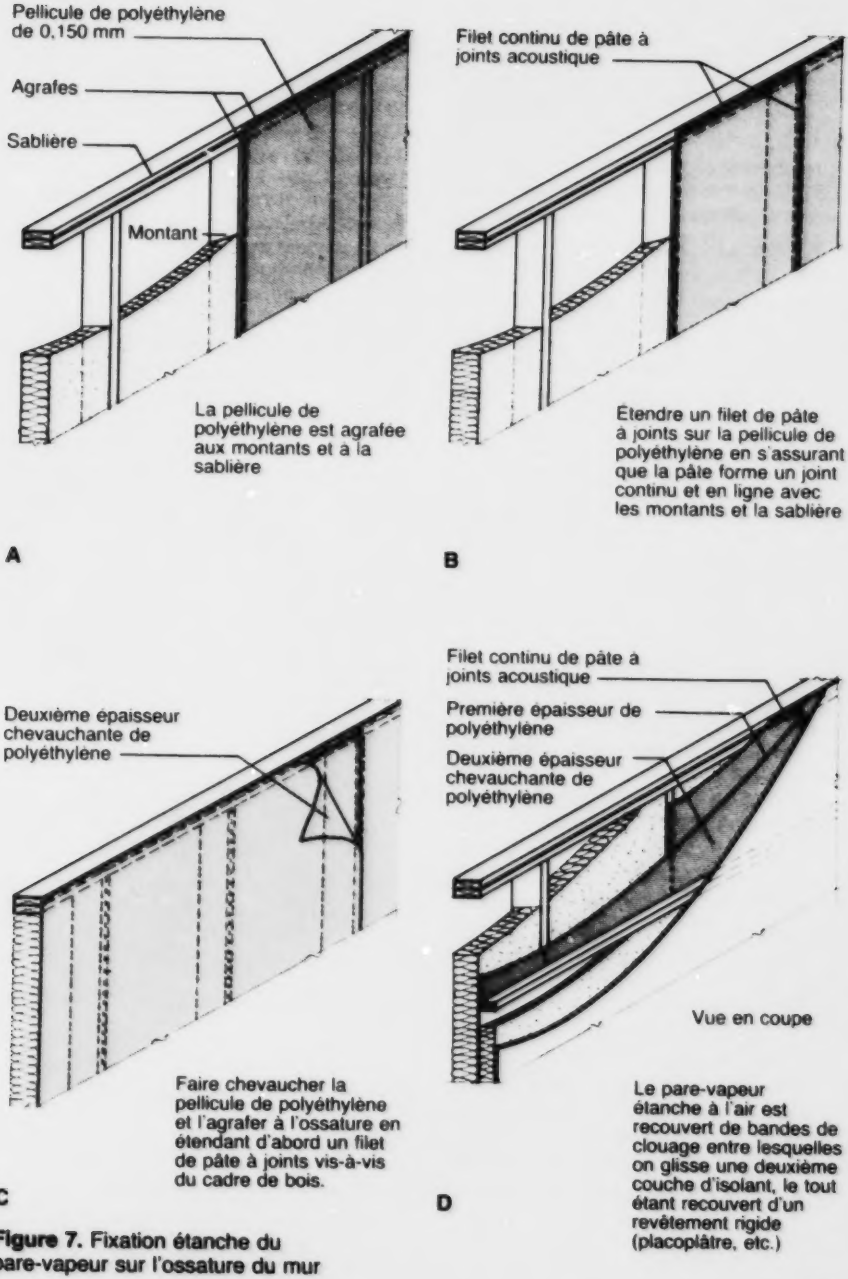


Figure 7. Fixation étanche du pare-vapeur sur l'ossature du mur

3. Il faut insister sur l'importance d'utiliser la bonne pâte à joints. Celle-ci doit en effet créer un lien étanche et durable entre les deux feuilles de polyéthylène. La pâte à joints doit être flexible et garder son élasticité au fil des ans. Le choix de la pâte acoustique recommandée repose d'ailleurs sur ces critères. A noter également que la pâte doit être appliquée aux températures recommandées par le fabricant.

4. Au point de jonction entre deux grandes feuilles de polyéthylène, la pellicule doit se chevaucher d'au moins un intervalle entre deux montants ou deux fermes. La jonction doit être enduite d'une pâte à joints et être agrafée sur un montant ou une ferme d'un côté du joint et simplement agrafée en quelques points de l'autre côté.

5. Les joints doivent être agrafés à des intervalles de 150 mm. Si les feuilles de polyéthylène sont très froissées à leur jonction, il faudra garnir le joint d'un supplément de pâte et d'agrafes, en s'assurant toutefois que l'accumulation de pâte et de pellicule froissée ne produira pas de renflement susceptible de gêner la pose du revêtement sec.

6. Il faut laisser un jeu d'au moins 150 mm dans les coins intérieurs de façon que la pellicule ne soit pas étirée et endommagée au moment de la pose du revêtement sec des murs.

7. De façon générale, il est préférable d'utiliser trop de pâte à joints et de pellicule que pas assez.

8. Dans les zones ou les périodes de grand vent où la pellicule risque d'être arrachée après son agrafage, on renforcera le polyéthylène en y collant des bouts de ruban adhésif épais aux points d'ancrage avant d'enfoncer les agrafes. Une façon de réduire la poussée du vent sur la pellicule de polyéthylène est de laisser un grand vide dans la pellicule du plafond (environ 10 mètres carrés) qu'on pourra sceller et agrafer soigneusement juste avant la pose du revêtement intérieur des murs.

9. La pellicule de polyéthylène doit être protégée par des panneaux de contreplaqué ou d'un autre matériau en feuilles aux endroits où elle risque d'être endommagée pendant la construction. C'est notamment le cas à l'extérieur des solives de rive du plancher où la pellicule peut être protégée par un revêtement permanent de contreplaqué. De même, pour certains travaux préparatoires, une lisière supplémentaire de polyéthylène peut être laissée au pied des murs, pour être rattachée plus tard au pare-vapeur du mur; ce bout de pellicule doit également être recouvert d'un panneau étroit posé à titre temporaire, particulièrement vis-à-vis des portes extérieures.

10. Une fois la pellicule de polyéthylène installée, et avant qu'elle soit recouverte d'autres matériaux, il convient de procéder à un examen minutieux de toute sa surface pour y relever des dommages ou des joints défectueux. Les petits trous peuvent être bouchés avec un ruban adhésif spécial; dans le cas de trous plus grands ou de déchirures, on utilisera une large retaille de polyéthylène, qu'on fixera sur l'endroit à boucher au moyen de pâte à joints, de façon à faire un joint étanche. Si c'est possible, on utilisera des retailles assez grandes pour couvrir la déchirure jusqu'à un montant voisin, de façon à consolider la réparation en agrafant la pellicule dans le bois.

11. L'installation même du pare-vapeur entraîne le percement d'un certain nombre de trous. Ceux-ci sont produits quand la pellicule est coincée entre deux morceaux de bois qui sont cloués l'un sur l'autre. Le mouvement de l'air qui peut s'ensuivre est négligeable.

Position du pare-vapeur étanche à l'air

Règle générale, le pare-vapeur a toujours été placé du côté chaud (donc donnant sur l'intérieur) de l'isolant, pour empêcher l'humidité intérieure d'entrer dans le grenier et la charpente de la maison et s'y condenser au contact de températures plus froides.

C'est là une bonne façon de procéder. Toutefois, dans une maison EPÉ, il est préférable de placer la pellicule de polyéthylène **entre** deux couches d'isolant, pour la protéger. Le pare-vapeur risque moins, dans ces circonstances, d'être traversé par des éléments de plomberie ou d'électricité ou d'être endommagé pendant la pose du revêtement sec. (Les dommages les plus fréquents du pare-vapeur sont constatés dans les murs.)

Cette méthode vaut pour autant qu'il y a au moins deux fois plus d'isolant du côté froid que du côté chaud du pare-vapeur. La condensation n'est pas à craindre tant que l'air n'a pas été refroidi jusqu'à son «point de rosée». Comme la température à l'intérieur d'un mur ou d'un entretoit diminue graduellement de l'intérieur vers l'extérieur, le point de rosée est atteint quelque part à **l'intérieur** du mur. Si le pare-vapeur étanche à l'air est du côté chaud du point de rosée, la condensation n'est pas à craindre. Comme le montre la figure 8, on arrive à ce résultat, dans la zone sud du Canada, en laissant deux fois plus d'isolant à l'extérieur du pare-vapeur qu'à l'intérieur comme mentionné plus tôt. Dans des zones où le nombre de degrés-jours annuels est

supérieur à 6 500 (voir la figure 3), cette règle empirique ne vaut plus: l'épaisseur d'isolant du côté chaud du pare-vapeur doit être réduite.

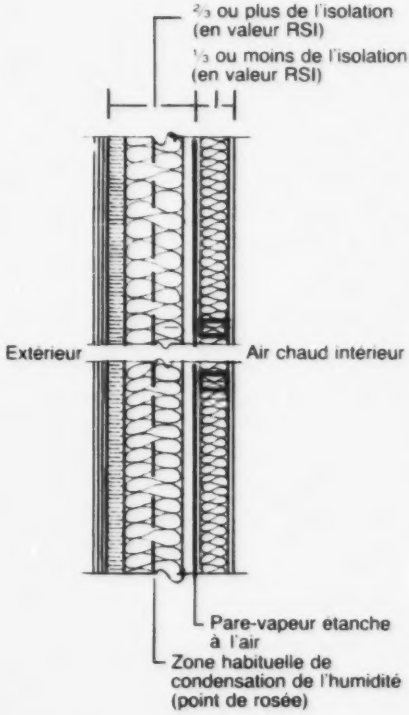


Figure 8. Position du pare-vapeur étanche à l'air

Quelques remarques sur les écrans hydrofuges

On trouvera, dans certains chapitres du présent ouvrage, l'expression «écran hydrofuge». Le rôle de ces écrans est très différent de celui des pare-vapeur étanches à l'air. Plutôt que d'empêcher l'humidité produite à l'intérieur de la maison de s'échapper, l'écran hydrofuge vise à empêcher l'humidité provenant du sol entourant les fondations d'entrer dans le sous-sol ou le vide sanitaire. On en installe généralement sous les planchers des sous-sols et des vides sanitaires et sur la surface intérieure des murs de fondation en béton. (L'expression imperméabilisation sera réservée à l'application d'une couche de produit imperméable à **l'extérieur** des murs de fondation. (Voir la figure 9.)

Selon le but recherché, on pourra utiliser des matériaux imperméables courants ou une pellicule de polyéthylène comme écran hydrofuge. Néanmoins, il n'est pas nécessaire de rendre l'écran hydrofuge aussi étanche que le pare-vapeur; ainsi, l'humidité intérieure qui pourrait traverser le pare-vapeur ne sera pas emprisonnée, mais pourra s'échapper à l'extérieur.

Dans certains cas, l'écran hydrofuge peut servir de pare-vapeur supplémentaire. On en trouvera quelques exemples dans le chapitre 3.

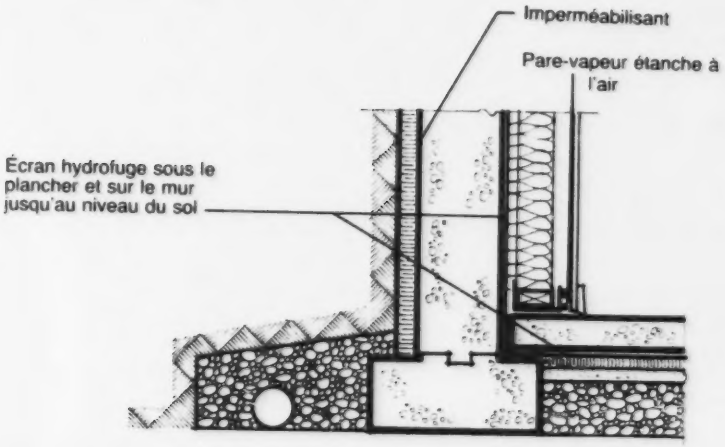


Figure 9. Positions relatives du pare-vapeur étanche à l'air, de la couche d'imperméabilisation et de l'écran hydrofuge

Chapitre 3

Les fondations

Le présent chapitre porte sur les murs de fondation en béton et en bois traité, de même que sur les planchers de sous-sol, les vides sanitaires et les dalles flottantes.

Murs de fondation en béton

Il existe deux grandes possibilités pour la réalisation des murs de fondation des maisons EPÉ: le béton et le bois traité contre la pourriture. Dans ce chapitre nous expliquerons la première méthode, où le matériau peut être coulé en place ou prendre la forme de blocs creux préfabriqués.

Il est généralement préférable d'isoler un mur de béton de l'extérieur plutôt que de l'intérieur, et cela pour quatre raisons:

1. Le mur de fondation est isolé contre les fluctuations de la température extérieure, de sorte qu'il risque moins de se lézarder.
2. Le mur de fondation se situant derrière l'isolant, sa masse agit comme réservoir thermique, contribuant ainsi à réduire les hausses brutales de température de la maison attribuables à l'action du rayonnement solaire.
3. L'isolant extérieur protège l'écran hydrofuge et peut constituer une deuxième barrière contre les infiltrations d'eau dans le mur de fondation.
4. Les murs de béton prennent plusieurs mois avant de sécher complètement. Dans le cas d'une isolation faite de l'intérieur, l'humidité s'échappant du mur sera bloquée par le pare-vapeur posé sur l'isolant. L'accumulation d'humidité derrière le pare-vapeur peut entraîner des dommages aux montants de bois des murs supérieurs ainsi qu'à la lisse basse.

Malgré tout, il arrive qu'on applique l'isolant à l'intérieur, plutôt qu'à l'extérieur, ou qu'on isole les deux faces à la fois. Dans les régions très froides, il peut être difficile d'atteindre les valeurs RSI désirées avec un isolant extérieur seulement. Habituellement, le constructeur estime que l'isolation des murs par l'intérieur est plus pratique pour une foule de raisons. On trouvera donc, dans les feuilles de travail D et E, et le texte qui les accompagne, les détails d'exécution d'une isolation sur la face intérieure d'un mur de fondation. Les feuilles B et C et le texte qui les accompagne décrivent une isolation extérieure. La feuille de tra-

vail F traite de certains problèmes propres à l'isolation des murs de fondation.

Application de l'isolant extérieur

On peut utiliser, pour une isolation extérieure, des panneaux rigides (polystyrène moulé ou refoulé) ou des nattes de fibres minérales ou de verre. Ces deux possibilités sont exposées dans les feuilles de travail B et C respectivement.

Feuille de travail B

Murs de fondation/ Isolation extérieure/ Panneaux rigides

Se reporter à la figure 10.

1. L'isolation doit être portée à des niveaux égaux ou supérieurs à ceux du tableau 1. L'isolant doit descendre jusqu'à la semelle (ou assise) du mur.

2. Comme dans le cas d'une construction de type traditionnel, il est essentiel d'imperméabiliser la face extérieure du mur de fondation et souhaitable de prévoir un écran hydrofuge sur la face intérieure du mur (sous le niveau du sol, dans les deux cas). On utilisera, pour la réalisation de cet écran, des matériaux imperméables courants.

3. La meilleure façon de faire tenir l'isolant sur les murs est de l'y fixer avec des clous enfonces dans le mur de béton (mais on peut se servir du poids du sol pour retenir la partie inférieure du matériau isolant). À noter que les irrégularités de la surface du béton rendent généralement difficile la fixation de l'isolant au moyen de pâtes adhésives.

4. Au-dessus du niveau du sol, et sur au moins 300 mm sous la surface, l'isolant doit être recouvert ou bien d'un contreplaqué ou bien d'un crépi protecteur. Dans ce dernier cas, on aura recours de préférence à la méthode du treillis métallique noyé d'enduit ou l'on utilisera un crépi renforcé de fibre de verre.

5. La figure 10 fait voir une isolation réalisée avec une seule couche d'isolant rigide. S'il est impossible d'obtenir l'épaisseur désirée en une seule couche, on utilisera alors deux épaisseurs plus minces jointes au moyen d'un bon adhésif, et fixées à la fondation de la façon décrite en 3 ci-dessus. La couche d'isolant extérieure doit se prolonger jusqu'au sommet du remblai de gravier entourant le drain.

6. Si les murs de fondation sont faits de blocs de béton creux, la prudence exige qu'on intercale un rang de blocs pleins au niveau du sol, de façon à couper tout courant de convection qui pourrait se créer dans les murs.

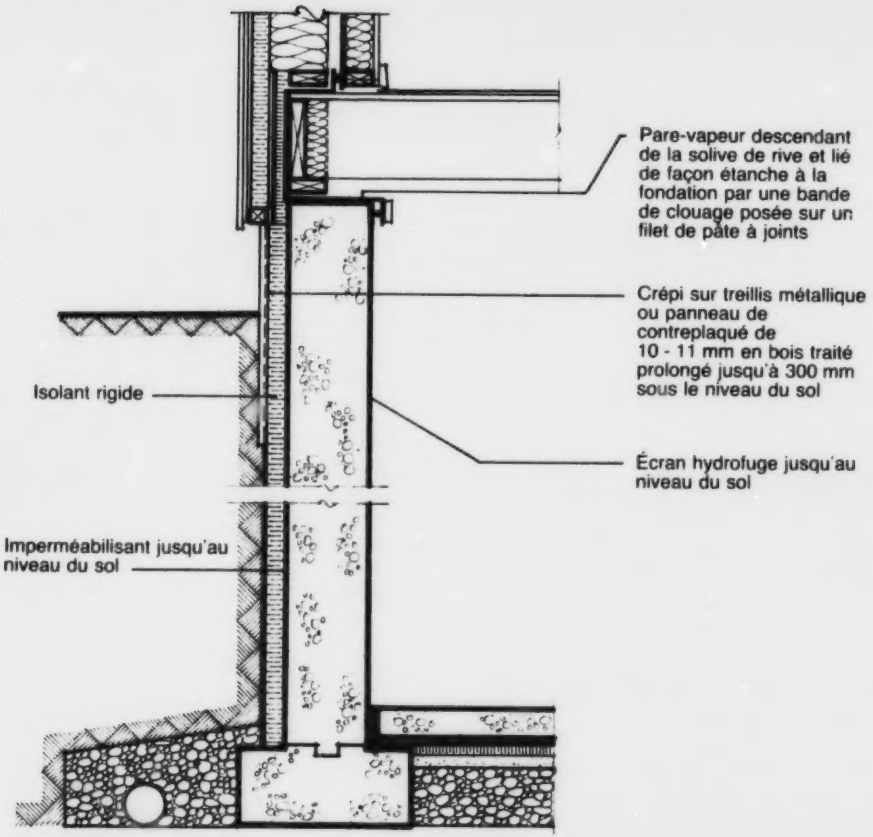


Figure 10. Isolation extérieure sur une fondation de béton

Feuille de travail C

Murs de fondation/ Isolation extérieure/ Laine de verre ou laine minérale

1. La laine de verre ou la laine minérale conviennent à l'isolation extérieure des murs de fondation. On peut maintenant se procurer de nouveaux types d'isolant rigide en fibre minérale, conçus spécialement pour cet usage. Si l'on excepte les détails mentionnés en 2 et 3 ci-dessous, le mode d'installation et les niveaux d'isolation recommandés sont les mêmes que dans le cas des isolants rigides.

2. Ce type d'isolant présente en outre l'avantage de diriger les eaux de ruissellement vers le pied des murs de fondation. Toutefois, il faut faciliter le passage de l'eau entre l'isolant et le drain, à défaut de quoi l'eau pourrait traverser l'isolant et rester bloquée au niveau de la semelle des fondations, produisant une poussée latérale élevée sur le mur.

Pose de l'isolant sur la face intérieure

Comme nous l'avons déjà mentionné, il est préférable d'isoler les fondations de béton sur la face extérieure. Si l'isolation devait se faire par l'intérieur, il serait alors très important de laisser le mur sécher complètement avant de l'enfermer derrière un pare-vapeur étanche à l'air. Cela signifie en fait qu'il faudra attendre au moins six mois environ avant de mettre la dernière main aux travaux d'isolation, à défaut de quoi on pourrait provoquer des dommages à la charpente.

Si l'isolation du sous-sol est reportée **après** la période de séchage, il faudra laisser le pare-vapeur de la solive de rive pendre dans le vide et le rattacher directement au pare-vapeur du mur de fondation quand l'isolation du sous-sol sera terminée. Cependant, si le sous-sol ne doit pas être terminé avant un an ou plus (c'est-à-dire, si la maison est vendue sans finition du sous-sol), alors il faudra s'assurer que la maison est étanche à l'air en fermant temporairement la barrière d'étanchéité de la façon décrite à la figure 11a.

Quand viendra le temps de finir le sous-sol, on pourra assurer la continuité de la barrière en appliquant la technique illustrée à la figure 11b. Cette dernière étape sera donc laissée aux soins du nouveau propriétaire de la maison.

L'isolation des murs de fondation sur leur face intérieure peut se faire de deux façons : 1) construction d'un cadre en bois dans lequel on insérera des nattes de laine de verre ou de laine minérale (feuille de travail D) ou 2) utilisation de dispositifs de fixation spéciaux dans le cas d'une isolation par panneaux rigides (feuille de travail E).

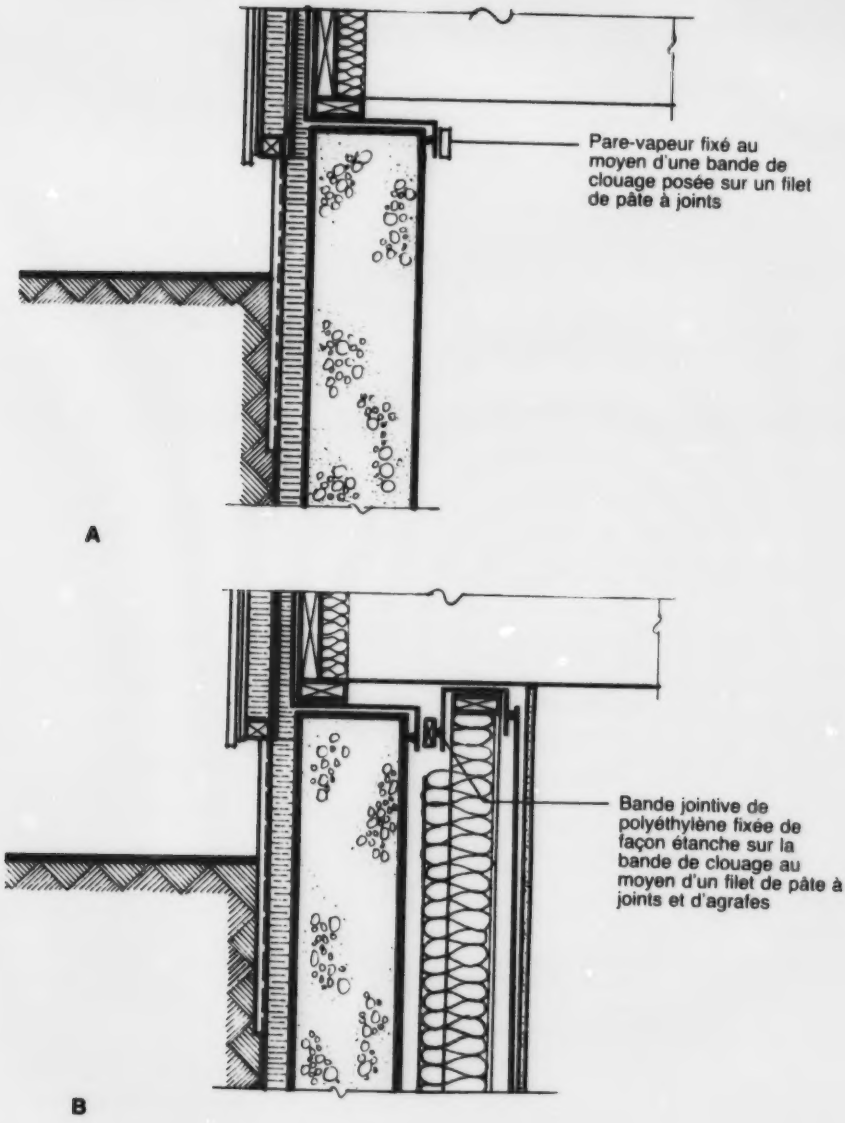


Figure 11. Parachèvement de l'isolation après le séchage des fondations

Feuille de travail D

Murs de fondation/ Isolation intérieure/ Laine de verre ou laine minérale

Se reporter à la figure 12.

1. L'isolation doit être portée à des niveaux égaux ou supérieurs à ceux indiqués dans le tableau 1.

2. Comme dans le cas d'une isolation extérieure (feuille de travail B), il est essentiel d'imperméabiliser la face extérieure du mur de fondation et souhaitable de prévoir un écran hydrofuge sur la face intérieure du mur (sous le niveau du sol, dans les deux cas). On peut utiliser, pour la réalisation de cet écran, des matériaux imperméables courants.

3. Il faut construire un mur à ossature de bois de la façon habituelle. Il est conseillé de laisser un espace (environ 63 mm) entre le cadre de bois et les fondations, de façon à y glisser un isolant en nattes (RSI 1,4) disposé horizontalement derrière les montants, pour réduire les pertes de chaleur par pontage thermique à travers les montants. La profondeur du mur n'est pas primordiale du point de vue de l'efficacité thermique : les montants peuvent avoir 38 × 63 ou 38 × 89 mm, selon le niveau d'isolation désiré.

4. On disposera un écran hydrofuge en polyéthylène de 0,150 mm autour de la lisse basse de façon à la protéger de l'humidité qui pourrait s'infiltrer à travers la dalle.

5. L'isolant est glissé entre les montants, puis recouvert d'un pare-vapeur étanche à l'air constitué d'une pellicule de polyéthylène de 0,150 mm d'épaisseur. Les joints à effectuer dans ce pare-vapeur doivent être rendus étanches (par chevauchement et scellement) de la façon décrite dans la feuille de travail A. Le pare-vapeur du mur est joint, de la même façon, à l'écran hydrofuge entourant la lisse basse et au pare-vapeur descendant de la solive de rive. Les règles à suivre pour assurer une étanchéité continue vis-à-vis des cloisons intérieures sont décrites dans la feuille de travail N. Un filet de pâte à joints est étendu à la jonction de la lisse basse et du plancher.

6. On procède ensuite à la pose du revêtement sec ou d'un autre fini intérieur, en prenant soin de ne pas déchirer le pare-vapeur étanche à l'air. Les prises de courant, s'il y en a, doivent être installées de façon à maintenir la continuité de la barrière d'étanchéité. (On peut par exemple, poser des bandes de clouage pour y fixer les boîtes électriques, comme l'explique la feuille de travail L, installer un boîtier de prise étanche ou faire passer les fils dans les plinthes, comme le montre la feuille de travail N.)

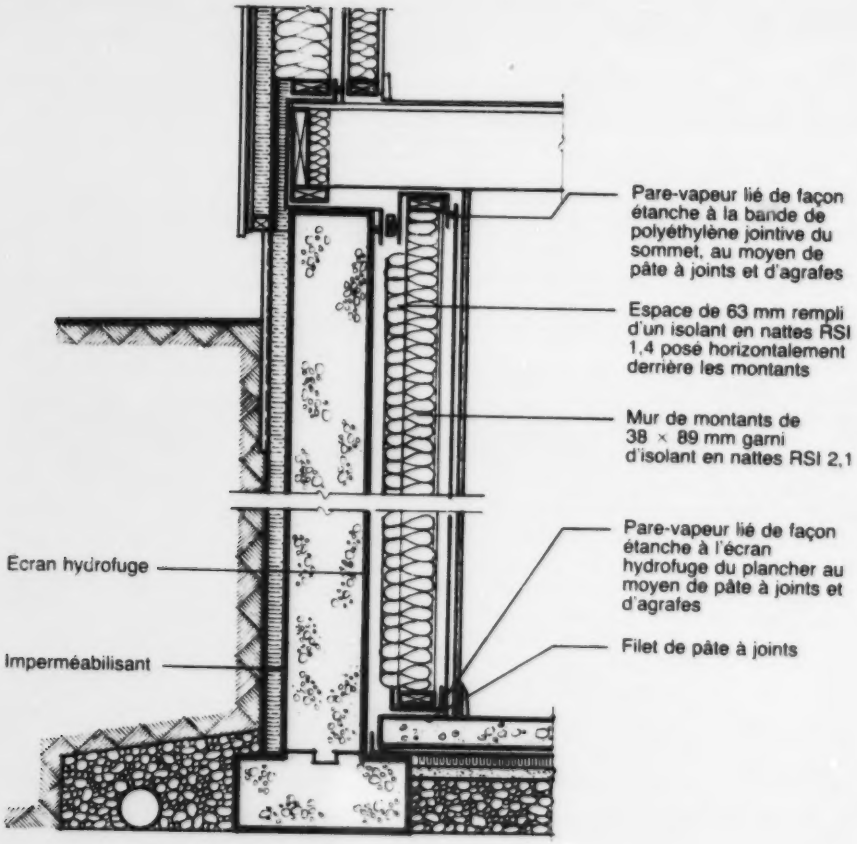


Figure 12. Isolation intérieure, avec ossature de bois et isolant en nattes

Feuille de travail E

Murs de fondation/ Isolation intérieure/ Panneaux rigides

Se reporter à la figure 13.

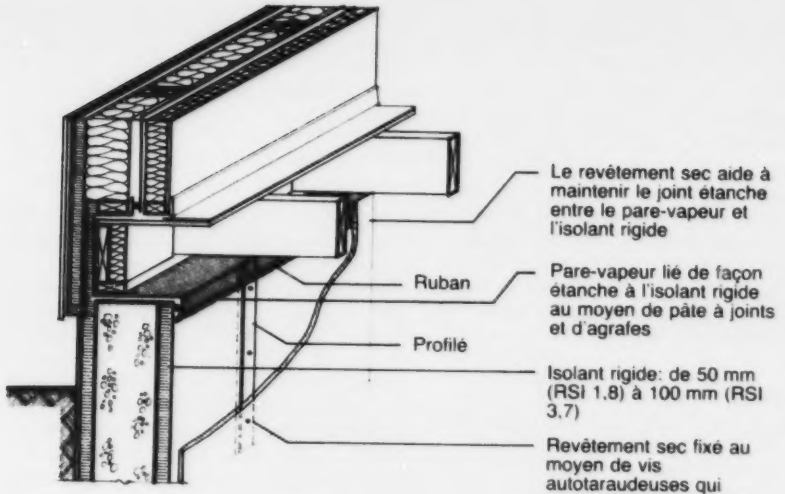
1. L'isolation doit être portée à des niveaux égaux ou supérieurs à ceux indiqués dans le tableau 1.

2. Comme dans le cas d'une isolation extérieure (feuille B), il est essentiel d'imperméabiliser la face extérieure du mur de fondation et souhaitable de prévoir un écran hydrofuge sur la face intérieure du mur (sous le niveau du sol dans les deux cas). On utilisera, pour la réalisation de cet écran, des matériaux imperméables courants.

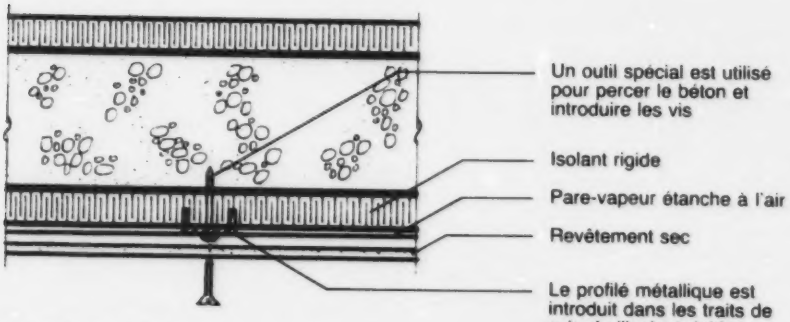
3. L'isolant rigide — en général, des panneaux de polystyrène expansé — est fixé au mur au moyen de profilés de métal mince dont les rebords s'insèrent dans les traits de scie de l'isolant. Pour mettre l'isolant en place, on perce d'abord le métal et le béton sous-jacent au moyen d'une perceuse munie d'accessoires à attache rapide. Puis on «visse», au moyen de la perceuse, un clou muni d'une pointe filetée dans le trou. Le revêtement sec est fixé par-dessus l'isolant au moyen de vis autotaraudeuses pénétrant dans le profilé métallique. (L'utilisation du revêtement est rendue nécessaire par le fait que la plupart des isolants rigides sont constitués de matériaux combustibles et présentent donc un risque d'incendie.)

4. Le polystyrène étant peu perméable à la vapeur d'eau, il peut aussi faire office de pare-vapeur. Le pare-vapeur de la solive de rive doit être relié au sommet du panneau de polystyrène de la façon représentée sur la figure. Mais il reste toujours préférable de prolonger le pare-vapeur jusqu'au pied des murs de fondation plutôt que de se fier aux propriétés imperméables de l'isolant.

Nota : L'un des principaux inconvénients de cette méthode est de permettre un pontage thermique par conduction au travers des vis fixées dans le béton. La température du béton descendra sous le point de congélation en hiver, et le refroidissement des vis par effet de conduction peut provoquer de la condensation ou du gel autour des têtes des vis. Il est aussi très difficile avec une isolation de ce genre de dissimuler les fils et prises électriques, et il peut s'avérer nécessaire d'utiliser des prises montées en surface, en particulier si la profondeur de la prise est plus grande que l'épaisseur du matériau isolant.



A VUE EN COUPE



B VUE PLONGEANTE

Figure 13. Pose de l'isolant rigide sur un mur de fondation en béton

Problèmes particuliers

L'isolation des murs de fondation soulève un certain nombre de problèmes particuliers. Étant donné que chacun de ces problèmes peut se rapporter à plus d'une technique d'isolation thermique, on en fera une étude distincte dans la feuille de travail F.

Feuille de travail F

Murs de fondation/ Problèmes particuliers

1. L'isolation du sous-sol (que ce soit par l'intérieur ou l'extérieur), prive le sol avoisinant de la chaleur provenant de la maison et le soumet à des fluctuations de température beaucoup plus grandes tout au long de l'année que si le mur reste sans isolation. Pour parer aux éventuels problèmes liés au gel des sols (soulèvements, etc.), il peut être nécessaire de prendre des mesures pour protéger les murs de fondation et leur permettre de résister aux poussées latérales.

2. L'architecture domiciliaire au Canada retient le plus souvent le principe d'une ossature de bois reposant sur une fondation de béton massif. Dans ce système, le plancher du rez-de-chaussée est souvent soutenu par une poutre qui se trouve enrobée dans le béton. Si le sous-sol est mis en valeur, il faudra ajuster le pare-vapeur autour de la poutre d'appui de façon à former un joint étanche. Mais cette poutre traversera quand même la barrière étanche, (à ses deux extrémités), permettant à l'air de pénétrer le long des espaces, si étroits soient-ils, qui séparent les divers éléments constituant la poutre. Pour y remédier, on peut calfeutrer ces espaces sur une longueur d'au moins 600 mm, à chaque extrémité de la poutre d'appui avant de fixer celle-ci dans le béton. Ou encore, on peut recouvrir l'extrémité de la poutre d'un sac de polyéthylène (comme un sac à déchets). La poutre est alors fixée dans le béton et le sac est relié au pare-vapeur étanche à l'air. Le problème ne se pose pas bien sûr s'il s'agit d'une poutre d'acier, mais il faudra quand même ajuster soigneusement le pare-vapeur autour de la poutre et rendre le joint étanche.

3. Dans le cas d'un sous-sol isolé de l'intérieur, il n'est pas recommandé de faire passer des tuyaux d'eau à l'intérieur du mur. Le cas échéant, on disposera les tuyaux aussi près que possible de la face intérieure de l'isolant, pour éviter les risques de gel. Les tuyaux doivent aussi être protégés des dommages accidentels, sur toute leur longueur à l'intérieur du mur, au moyen de plaques d'acier galvanisé vissées ou clouées aux montants. Ces plaques seront installées du côté chaud du pare-vapeur de façon à protéger également ce dernier.

4. Les tuyaux ou les évents qui traversent les murs de fondation doivent être calfeutrés à leurs points de sortie (si l'isolant est à l'extérieur) ou scellés au pare-vapeur (si l'isolant est à l'intérieur) de la façon décrite à la figure 39.

5. Les cadres des fenêtres du sous-sol doivent, si possible, être scellés au pare-vapeur du sous-sol en ayant recours aux mêmes techniques (adaptées au besoin) que celles proposées pour l'ensemble des fenêtres de la maison (feuille de travail Q).

Murs de fondation en bois traité

Les murs de fondation en bois traité contre la pourriture sont beaucoup moins fréquents que les murs en béton, mais leur emploi tend à se répandre. Dans ce système, on construit les murs de la fondation avec des poutres imprégnées de préservatif injecté sous pression. Ces murs peuvent être isolés suivant les méthodes courantes.

Feuille de travail G

Murs de fondation/ Bois traité

Se reporter à la figure 14.

1. Le bois utilisé pour la construction d'une fondation doit se conformer rigoureusement aux normes nationales publiées par l'Association canadienne de normalisation*, qui s'appliquent sans réserve à la construction efficace au plan énergétique.

2. L'isolation doit être portée à des niveaux égaux ou supérieurs à ceux indiqués dans le tableau 1. On recommande l'emploi de nattes de fibre de verre.

3. Les mesures supplémentaires à prendre dans le cas d'une construction EPÉ comprennent le scellement des joints du pare-vapeur étanche à l'air en ayant recours aux méthodes décrites dans la feuille de travail A. Le pare-vapeur du mur de fondation doit aussi être relié, de façon étanche, au pare-vapeur descendant de la solive de rive. Les détails d'exécution pour assurer l'étanchéité des joints sont les mêmes que pour les autres murs de la maison (feuille de travail N).

4. Le pare-vapeur étanche à l'air est scellé, au moyen d'un filet de pâte à joints et d'agrafes, à la planche de guidage au pied du mur. On procède de cette façon plutôt que de rattacher le pare-vapeur directement à l'écran hydrofuge posé sur le sol parce que le pare-vapeur du mur ne peut être mis en place tant que le béton du plancher n'a pas été coulé, sous peine de l'endommager pendant le coulage du béton. La planche de guidage constitue en effet la seule pièce de bois continue à laquelle le pare-vapeur étanche à l'air peut être agrafé et scellé.

5. Le revêtement isolant extérieur est prolongé jusqu'en bas de la solive de rive, pour réduire la déperdition de chaleur par conductivité à travers les sablières du mur.

Le traitement du bois par des préservatifs consiste à utiliser des substances chimiques qui imprègnent le bois pour qu'il résiste à l'action des agents de décomposition et des termites. La force exercée par le produit en solution qui pénètre le bois atteint une pression maximale de 150 lb/po^2. Les produits de protection chimiques se subdivisent en trois groupes:

1) la créosote et les solutions de créosote,
2) les produits chimiques à base d'huile comme le pentachlorophénol et
3) les arsénics inorganiques hydrosolubles comme l'arséniate de cuivre chromaté et l'arséniate de cuivre ammoniacal.

Aux fins de la Loi, tous les préservatifs sans exception sont des pesticides et doivent être enregistrés aux termes de la Loi sur les produits antiparasitaires que le ministère de l'Agriculture est chargé d'appliquer.

A l'heure actuelle, le bois et le contreplaqué utilisés dans la construction des fondations en bois traité doivent être conformes à la norme ACNOR 080.15 : «Preservative Treatment of Wood for Building Foundation System, Basements and Crawl Spaces by Pressure Processes.» Deux préservatifs sont permis : l'arséniate de cuivre chromaté et l'arséniate de cuivre ammoniacal, tous deux étant des arsénics inorganiques hydrosolubles. Le bois traité à la créosote ou au pentachlorophénol ne doit pas être utilisé dans la construction de fondations.

Il faut prendre toutes les précautions nécessaires pour s'exposer le moins possible à ces préservatifs comme on le ferait d'ailleurs pour toute autre substance chimique. Le bois traité sous pression par des préservatifs tels que les arsénics inorganiques hydrosolubles (y compris les produits de protection pour les fondations en bois traité) peut être exposé à l'intérieur des maisons pourvu que les surfaces en bois ne contiennent aucune particule de poussière.

* **Les fondations en bois traité doivent être conformes aux exigences de la norme ACNOR CAN3-S406-MS3, «Construction des fondations en bois traité». Si l'on respecte cette norme, la construction n'en sera que plus efficace sur le plan énergétique.**

Les pratiques générales d'hygiène s'appliquent lorsqu'on manipule ou travaille le bois traité sous pression. Il faut porter des gants pour éviter les échardes et lorsqu'on scie ou usine du bois traité, il faut porter un masque à poussière pour éviter l'inhalation prolongée des sciures de bois. Après un contact avec la peau, il faut bien laver les endroits exposés. Il faut se débarrasser du bois traité en le jetant avec les ordures ménagères ordinaires ou encore en l'enterrant. Il ne faut surtout pas le brûler dans le poêle ou le foyer ou encore en disposer en faisant un feu à l'extérieur car la fumée ou les cendres pourraient répandre des émanations nocives. En guise de conclusion, les études entreprises par la U.S. Environmental Agency affirment qu'il ne se dégage aucune émanation des préservatifs utilisés dans la construction des fondations en bois traité et que la peau ne les absorbe pas si elle entre en contact avec eux. L'arséniate de cuivre chromaté et l'arséniate de cuivre ammoniacal sont tous deux des agents de préservation surs et efficaces qui permettent de prolonger la vie utile des produits de bois.

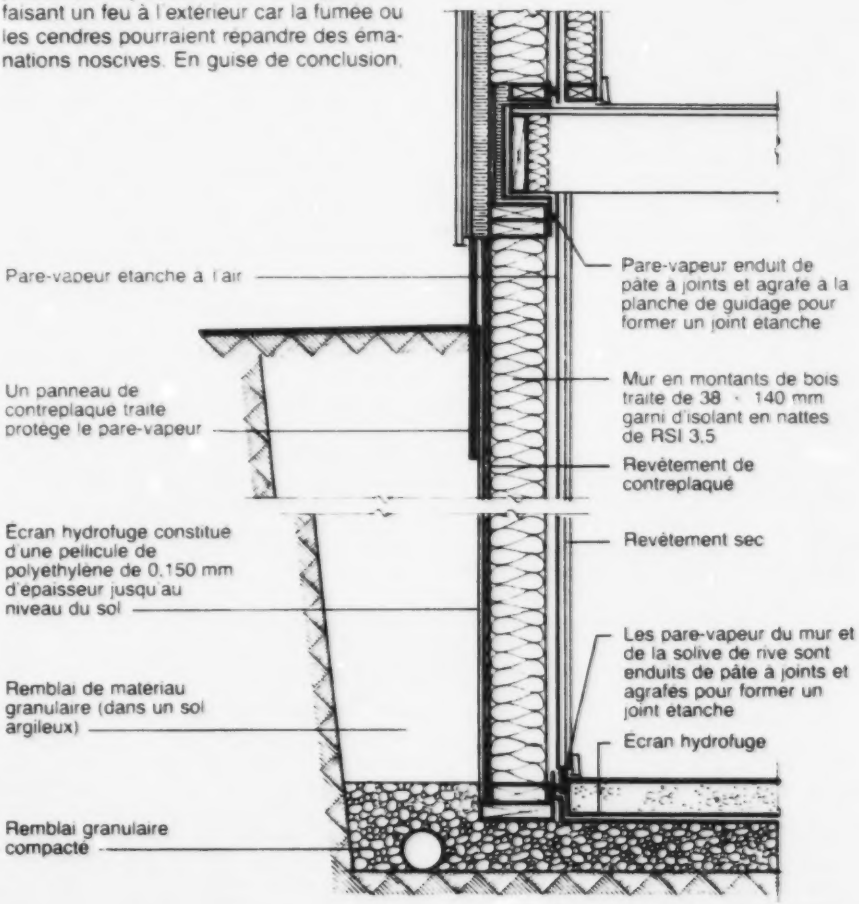


Figure 14. Isolation des murs de fondation en bois traité

Planchers de sous-sol

Il est conseillé d'installer un écran **hydrofuge** sous le plancher du sous-sol et, dans la plupart des cas, d'isoler le plancher. La fonction première de l'écran hydrofuge est d'empêcher l'humidité du sol de pénétrer dans la maison, mais l'écran permet aussi de réduire l'infiltration du gaz radioactif radon à travers le plancher (puisque le radon provient surtout du sol entourant la maison). L'isolation thermique réduit la déperdition de chaleur à travers le plancher du sous-sol — ce qui se traduit par des planchers plus chauds et une économie, faible mais non négligeable, d'énergie. La feuille de travail H donne les grandes lignes du procédé à suivre pour les maisons dotées de fondations en béton.

Feuille de travail H

Plancher de sous-sol/ Isolation sous la dalle

Se reporter à la figure 15.

1. L'isolation doit être portée à des niveaux égaux ou supérieurs à ceux indiqués dans le tableau 1. On recommande l'emploi d'un isolant rigide en polystyrène.

2. L'isolant est posé sur le matériau de remblayage du sous-sol (après compactage) et il est recouvert d'un écran hydrofuge constitué d'une pellicule de polyéthylène de 0,150 mm. Une couche de sable peut être ajoutée par-dessus le polyéthylène pour faciliter le séchage de la dalle de béton, qui sera coulée par-dessus le sable.

3. D'un point de vue pratique, il est très difficile d'arriver à un résultat parfait. Pendant les opérations de coulage, le béton est déplacé au moyen de brouettes et de pelles, d'où un risque élevé de déchirures ou de percement de l'isolant ou de la pellicule de polyéthylène. Seul un travail extrêmement soigné peut permettre d'éviter de tels dommages.

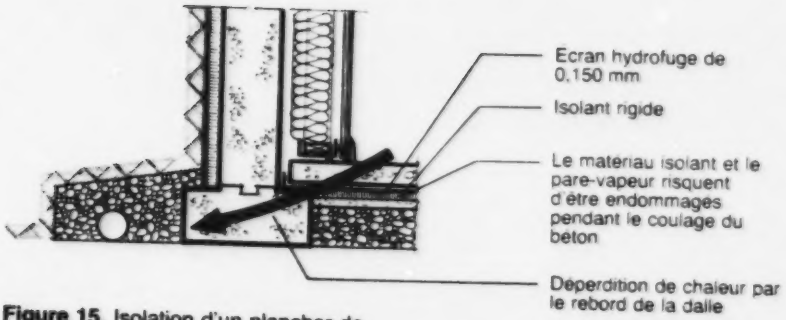


Figure 15. Isolation d'un plancher de sous-sol

4. L'écran hydrofuge, s'il n'est pas percé, fera aussi office de pare-vapeur étanche à l'air et peut, en théorie, être joint au pare-vapeur principal de la maison (si les murs du sous-sol sont isolés par l'intérieur) pour former une enveloppe totalement étanche. En pratique, la pellicule de polyéthylène sera déchiquetée aux endroits où elle s'élève au-dessus du rebord de la dalle et il y a peu de chance de créer un joint étanche. En conséquence, il est préférable d'arrêter l'écran hydrofuge à la semelle des murs de fondation, comme le montre la figure 15.

5. À noter que l'isolation de la dalle n'empêchera pas une déperdition importante de chaleur sur le périmètre de la dalle et par la semelle. C'est à cet endroit que la dalle perd le plus de chaleur et l'isolation de celle-ci n'y changera rien. Toutefois, il n'y a pas lieu de s'en inquiéter outre mesure, puisque le réchauffement de la semelle et du sol qui l'entoure a probablement des effets bénéfiques.

Planchers de sous-sol, dans le cas de fondations en bois traité

L'aménagement des planchers de sous-sol des maisons reposant sur des fondations de bois traité doit se conformer aux recommandations du Conseil canadien du bois.* Pour une maison répondant aux normes de la construction EPÉ, il faut prolonger l'écran hydrofuge de la dalle de béton jusqu'à la lisse basse des murs, à laquelle la pellicule de polyéthylène doit être reliée de façon étanche selon les techniques usuelles de la construction EPÉ (voir la feuille A et la figure 16). L'écran hydrofuge est maintenu en place grâce à la planche de guidage qui est posée avant que le béton de la dalle ne soit coulé. À noter que la planche de guidage doit se prolonger au-dessus de la lisse basse du mur pour résis-

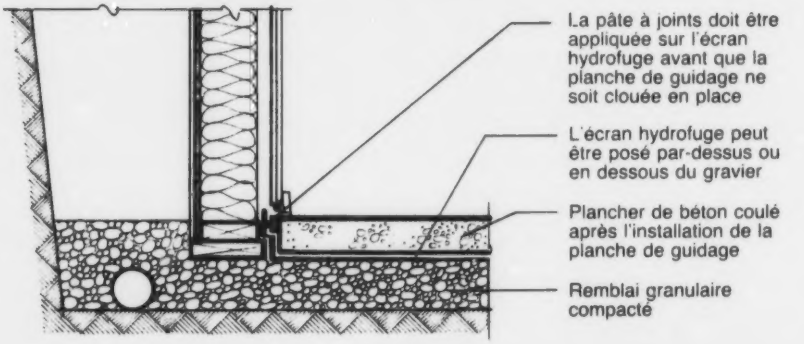


Figure 16. Détails de l'installation de l'écran hydrofuge avec des fondations en bois traité et une dalle de béton

* Voir l'ouvrage intitulé «Guide pour la construction des fondations en bois traité» cité plus haut (feuille de travail G).

ter aux poussées latérales du sol contre les montants. Comme on l'a fait remarquer dans la feuille de travail G, le pare-vapeur du mur sera plus tard rattaché à la planche de guidage par un joint étanche, de façon à empêcher l'infiltration d'air autour de la base de la fondation, entre le mur et la dalle.

Vides sanitaires et dalles flottantes

Dans l'aménagement d'un vide sanitaire, il faut surtout s'assurer que l'isolation est faite aux bons endroits et que la maison et le vide sanitaire sont protégés contre l'accumulation d'humidité. La feuille de travail I indique les grandes étapes à suivre. La feuille de travail J traite quant à elle de la construction EPÉ des dalles flottantes.

Feuille de travail I

Vides sanitaires

Se reporter aux figures 17 et 18.

1. Comme les vides sanitaires ne sont pas chauffés, le gros de l'isolation devrait se faire entre les solives du plancher, avec des valeurs RSI égales ou supérieures aux chiffres indiqués dans le tableau 1. Si on utilise de l'isolant en nattes, il doit être soutenu par un treillis métallique fixé sous les solives et aux mailles assez fines pour empêcher les rongeurs d'y faire leur nid. Dans le cas d'un isolant en vrac, on se simplifiera la tâche en clouant au préalable des brides de fixation au-dessous des solives (figure 17); ces brides retiendront les panneaux légers de particules qu'on glissera entre les solives par le haut; l'espace libre entre les solives sera ensuite complètement rempli d'isolant en vrac, bloquant ainsi tout mouvement de l'air. (Cette méthode permet une utilisation optimale de l'espace, tout en évitant les complications d'un travail fait par en dessous.) Le pare-vapeur doit être posé par-dessus le sous-plancher et rendu étanche de la façon décrite à la figure 18, en ayant recours aux méthodes types de la construction EPÉ (feuille A).

2. Il faut fermer de façon étanche toute ouverture autour des câbles, tuyaux, évents ou conduits de chauffage.

3. Les murs de fondation doivent aussi être isolés, et cela pour deux raisons : relever le niveau d'isolation réel du plancher du rez-de-chaussée de la maison et maintenir les températures du vide sanitaire au-dessus du point de congélation, pour éviter les risques de soulèvement par le gel ou de dommages aux installations par le gel. L'isolation des murs de fondation devrait se faire par l'extérieur (voir les feuilles B et C) pour protéger le béton des variations extrêmes de température.

4. L'écran hydrofuge a pour fonction d'empêcher l'humidité du sol de pénétrer dans le vide sanitaire. La pellicule de polyéthylène

doit être déroulée sans interruption sur le sol jusqu'à la face extérieure de la solive de rive. L'extrémité doit être agrafée (la pâte à joints n'est pas nécessaire) au-dessus de tout joint d'éléments de charpente dans le parement extérieur de la maison. La pellicule sera enfin recouverte de sable par mesure de protection.

5. Le vide sanitaire doit comporter des évents, dont la dimension sera déterminée par la réglementation courante. Les évents doivent être munis de régulateurs qu'on peut fermer en hiver et ouvrir en été.

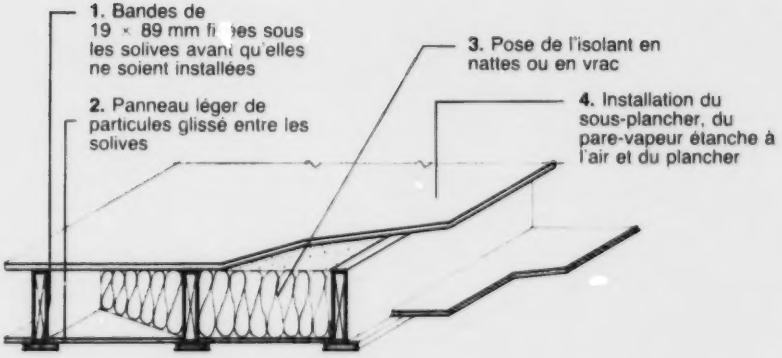


Figure 17. Méthode d'isolation d'un plancher au-dessus d'un vide sanitaire

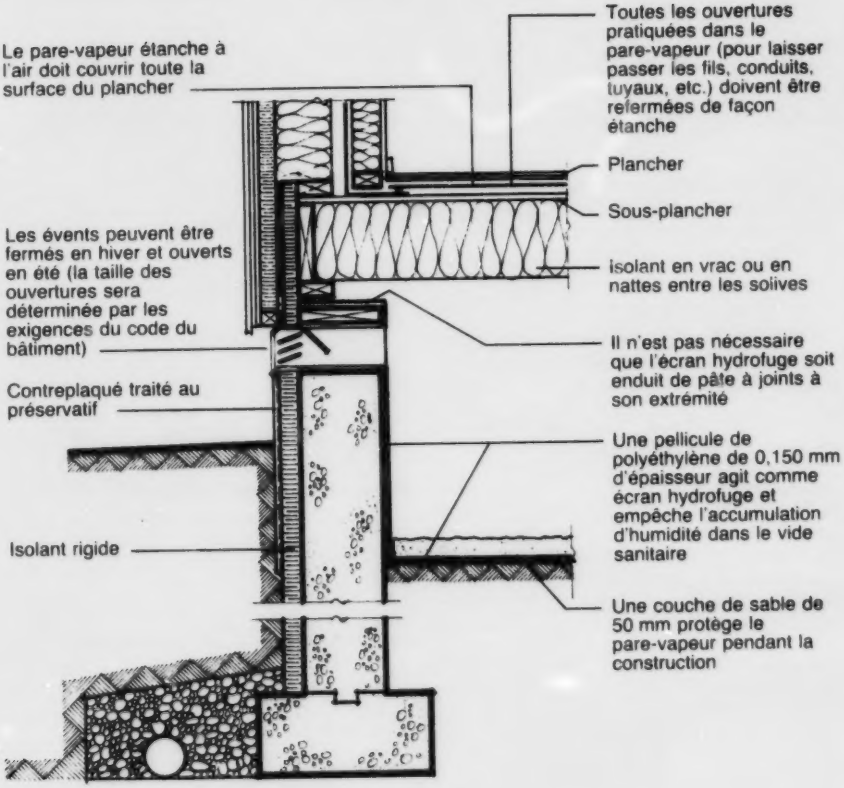


Figure 18. Isolation d'un vide sanitaire

Feuille de travail J

Dalles flottantes

Se reporter à la figure 19.

1. Les dalles flottantes doivent être isolées par l'extérieur de la fondation, suivant les règles générales énoncées pour les murs de fondation dans les feuilles de travail B et C.

2. On utilisera des panneaux de polystyrène moulé ou de fibre de verre ou minérale ayant des valeurs RSI égales ou supérieures aux chiffres du tableau 1.

3. Les détails d'application et de liaison étanche du pare-vapeur (à l'aide des techniques décrites dans la feuille A) sont expliqués par la figure 19.

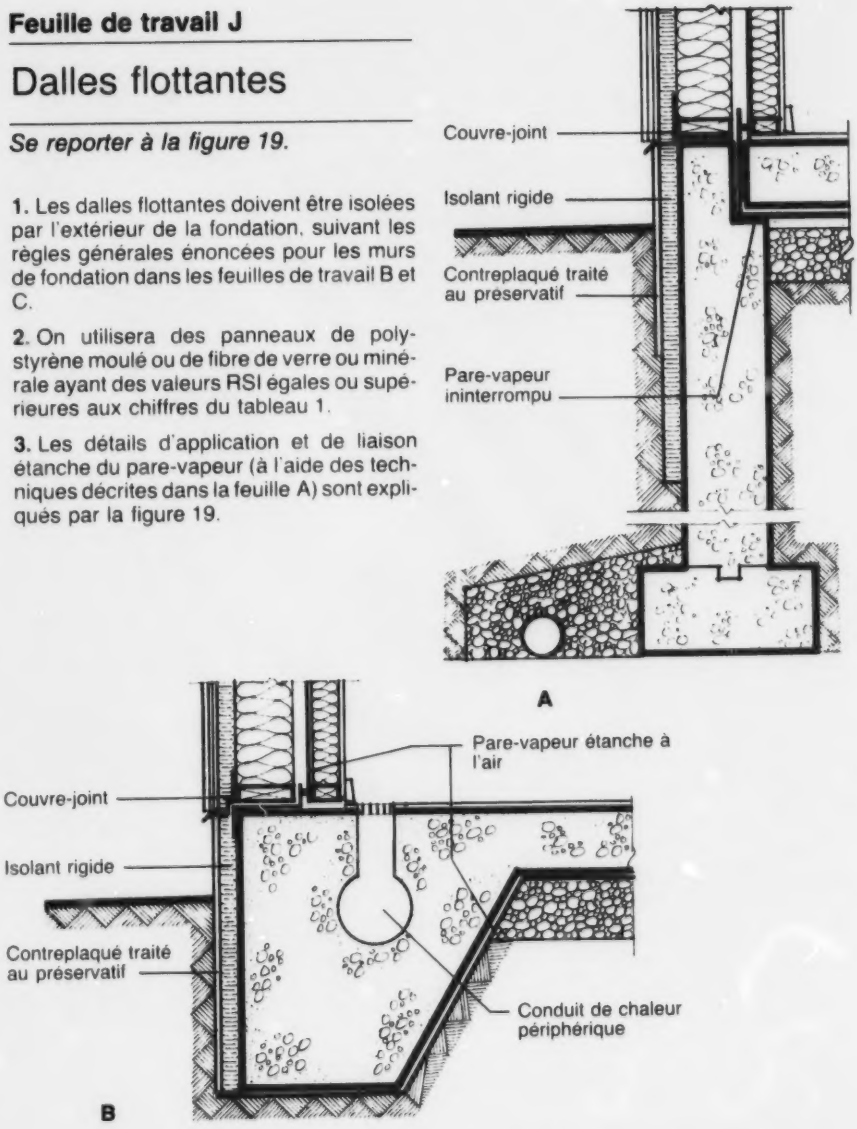


Figure 19. Détails de l'isolation d'une dalle flottante

Chapitre 4

Les solives de rive

Les solives de rive sont un des points les plus vulnérables aux fuites d'air (quand elles interrompent le pare-vapeur), en plus d'occasionner des pertes de chaleur par conduction quand elles ne sont pas isolées. La feuille de travail K énumère les étapes à suivre dans l'isolation des solives de rive du rez-de-chaussée pour réaliser un aménagement efficace au plan énergétique.

On ne fait pas de distinction entre les solives de rive du rez-de-chaussée et celles de l'étage supérieur, la méthode à suivre étant essentiellement la même.

Feuille de travail K

Solives de rive du rez-de-chaussée

1. Une bande de polyéthylène d'amorçage doit être posée autour de la solive de rive au moment du montage de la charpente (voir la figure 20), prête à être jointe aux pare-vapeur des murs, au-dessus et en dessous, plus tard dans le cours des travaux.

2. La pellicule de polyéthylène est souvent déchirée au moment de l'installation des solives, ou par le simple fait de reposer sur des murs de fondation rugueux. On pourra y remédier en posant une bande de mousse ou de feutre sur la lisse basse, comme le montre la figure 20.

3. Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent, il n'est pas recommandé d'isoler les murs de fondation d'une maison EPÉ par l'intérieur. Si l'on procède néanmoins de cette façon, il est à prévoir que la lisse basse restera froide en hiver en raison de la déperdition de chaleur à travers le béton. Dans ces conditions, il faut faire en sorte que la lisse basse repose à l'extérieur de la barrière d'étanchéité (pare-vapeur), pour éviter les risques de condensation dans les murs. Une planche de contreplaqué sera en outre clouée à la lisse basse avant que les solives ne soient installées pour protéger la pellicule de polyéthylène.

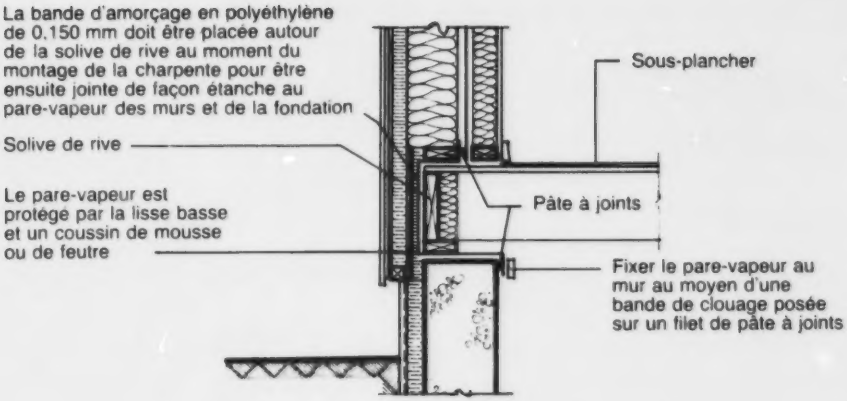


Figure 20. Disposition du pare-vapeur autour de la solive de rive du rez-de-chaussée

4. Le joint étanche entre le pare-vapeur de la solive de rive et celui du mur qui la domine est réalisé en suivant les techniques types de la construction EPÉ (voir la feuille de travail A). Si le sous-sol doit être isolé par l'extérieur, l'extrémité du pare-vapeur de la solive de rive sera alors fixée de la façon illustrée à la figure 20, pour garantir l'étanchéité de la pellicule à son bout libre. Les bandes de clouage constituent de bons points de départ pour la pose du pare-vapeur du sous-sol, si celui-ci venait à être aménagé plus tard (voir la figure 11). Par contre, si l'isolation du sous-sol est prévue dans un avenir rapproché (par exemple, après le séchage des murs de fondation), le pare-vapeur peut être d'abord laissé libre pour être disposé par la suite de la façon décrite à la figure 21.

5. On a tendance à renforcer l'isolation des espaces facilement accessibles entre les solives. C'est là une erreur (dans une construction EPÉ, à tout le moins) puisque le pare-vapeur étanche à l'air est à l'extérieur de la solive de rive. Comme nous l'avons vu dans le chapitre 2, partie II, il faut au moins deux fois plus d'isolant à l'extérieur du pare-vapeur qu'à l'intérieur. On peut donc

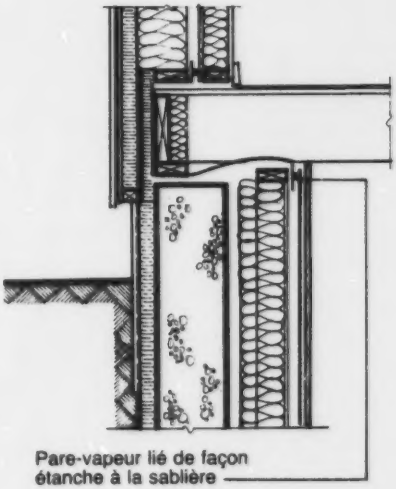


Figure 21. Disposition du pare-vapeur lorsque la fondation est isolée de l'intérieur et de l'extérieur

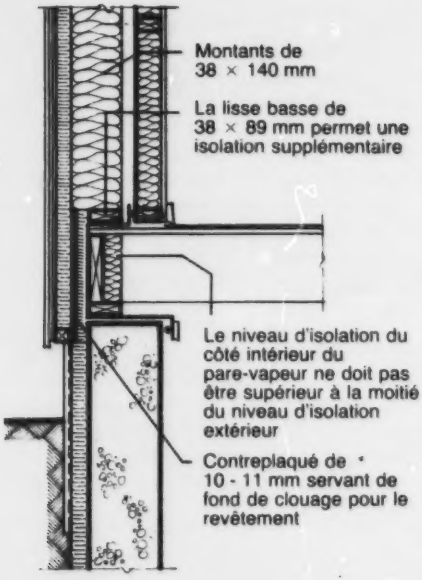


Figure 22. Isolation de la solive de rive

installer un isolant en nattes dans les espaces vides entre les solives, mais en quantité limitée, comme le fait voir la figure 22.

6. L'isolation extérieure peut être renforcée de diverses façons, selon les modalités d'aménagement extérieur de la maison. Par exemple, un revêtement isolant peut être prolongé vers le bas à partir du rez-de-chaussée, ou l'isolant extérieur du sous-sol peut être prolongé vers le haut, comme le montre la figure 22. À noter que la lisse basse du rez-de-chaussée est décalée vers l'arrière, de sorte qu'un supplément d'isolant peut être ajouté pour réduire la déperdition de chaleur à travers la lisse basse. Une autre méthode, illustrée à la figure 23, montre une couche supplémentaire d'isolant qui a été incorporée au mur. Il faut enfin remarquer, dans les figures 22 et 23, la présence d'un contreplaqué de 10 ou 11 mm entre les couches de matériau isolant, qui servira de fond de clouage pour le parement extérieur.

Nota : Certains modèles de mur à double ossature exigent une disposition particulière de la solive de rive. Ces questions sont étudiées dans le prochain chapitre.

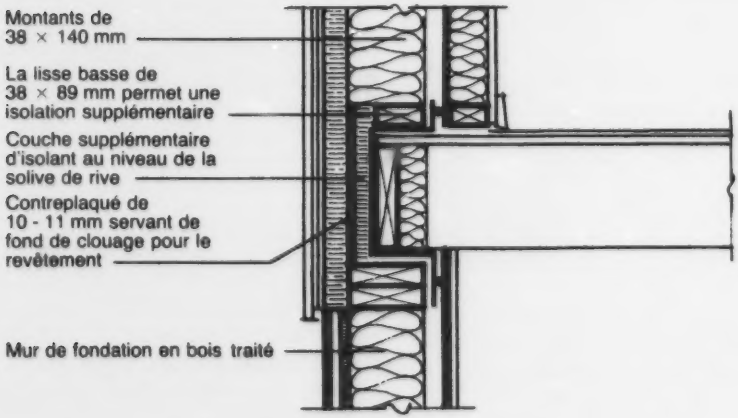


Figure 23. Isolation de la solive de rive

Planchers en porte-à-faux et garages annexés

Dans une construction de plancher en porte-à-faux, les solives de plancher et les solives de rive sont prolongées au-delà du mur inférieur, pour créer un surplomb et donner une superficie plus grande aux pièces du haut (voir la figure 24). Ce type d'aménagement soulève des problèmes particuliers quand vient le temps d'assurer la continuité entre les pare-vapeur du sous-sol et des murs du rez-de-chaussée. Il est très facile de poser le pare-vapeur du côté froid de l'isolant du surplomb, mais un tel aménagement entraînera une détérioration rapide du surplomb à cet endroit. Il est préférable, comme le montre la figure 24, de se servir d'un isolant en polystyrène comme d'un élément intermédiaire du pare-vapeur, mais cette méthode suppose un travail long et complexe. Il serait donc plus sage, dans les constructions EPÉ d'éviter ce type d'aménagement en surplomb.

Certains garages annexés à la maison et non chauffés soulèvent des problèmes semblables. Dans ces cas, on s'inspirera de la méthode de base illustrée à la figure 24, pour assurer la continuité du pare-vapeur étanche à l'air.

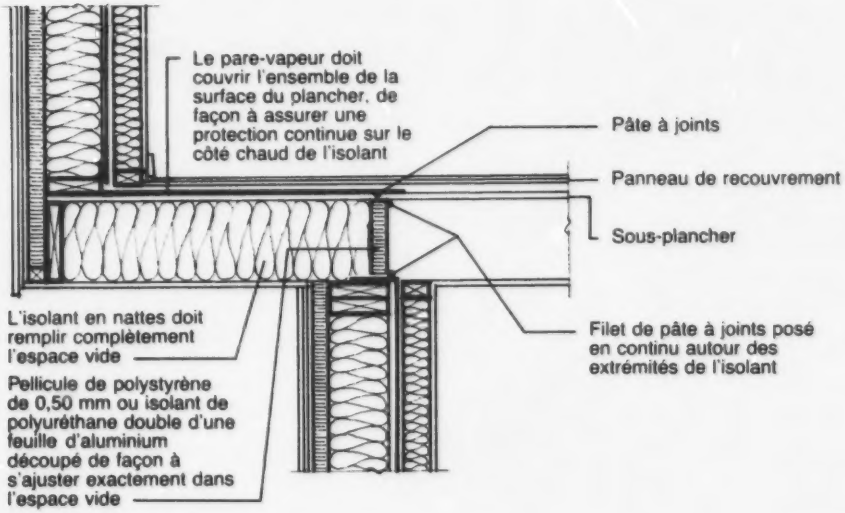


Figure 24. Plancher en porte-à-faux

Chapitre 5

Les murs

Les techniques traditionnelles de construction des murs limitent considérablement le niveau d'efficacité énergétique susceptible d'être atteint dans cette partie de l'habitation. C'est pourquoi on a créé et mis en oeuvre un certain nombre de modèles de murs comportant des couches multiples, plus efficaces.

En plus de permettre d'atteindre des niveaux d'isolation beaucoup plus élevés, ces nouveaux types de murs offrent une souplesse accrue dans la pose du pare-vapeur étanche à l'air. Avec le mur traditionnel constitué d'une ossature de montants de bois de 38 × 89 mm, il faut obligatoirement installer le pare-vapeur du côté intérieur des montants. Avec le mur à couches multiples, on peut dissimuler le pare-vapeur à l'intérieur du mur, entre deux couches d'isolant. Les avantages et les fondements théoriques de cette méthode ont été décrits dans le chapitre 2 de la partie II.

Un autre avantage des murs multicouches est de permettre l'élimination des ponts thermiques, responsables de pertes de chaleur appréciables par les éléments de la charpente qui ont de mauvaises propriétés isolantes (comme les montants des murs et les solives des plafonds). Grâce au système multicouches, il est possible d'intercaler un isolant entre deux éléments qui font pont thermique et éliminer ainsi la déperdition de chaleur.

Les modèles les plus connus de ces murs multicouches sont le mur à ossature unique doublé à l'intérieur de bandes de clouage horizontales et le mur à double ossature. Le choix entre ces deux types de construction doit s'appuyer sur plusieurs considérations. Le principe de l'ossature double permet de construire des murs qui atteindront à peu près toutes les épaisseurs et des degrés d'isolation thermique très élevés. Toutefois, les murs à ossature unique et bande de clouage horizontale produisent des niveaux d'isolation presque aussi élevés que les valeurs recommandées dans le tableau 1, de sorte que l'épaisseur supplémentaire des murs à double ossature n'est peut-être pas souhaitable. Pour les murs à double ossature on utilise surtout ou uniquement des pièces de bois de 38 × 89 mm, tandis que pour les murs à ossature unique on utilise des pièces de 38 × 140 mm, qui peuvent être coûteuses ou plus difficiles à obtenir dans certaines régions. Par contre, les murs à

double ossature reposent sur une technique moins bien éprouvée, qui laisse subsister certains problèmes, comme la déformation des murs extérieurs (cet aspect est abordé dans la feuille de travail M).

Le choix entre l'une ou l'autre technique doit être fait avec soin. De façon générale, la technique des murs à ossature unique semble être favorisée, vu qu'elle diffère le moins des modes de construction pratiqués couramment.

Les variantes usuelles de ces deux techniques sont décrites dans les feuilles de travail L et M respectivement, tandis que la feuille de travail N porte sur les moyens qui s'offrent pour résoudre les problèmes quelquefois ardus de l'ajustement étanche du pare-vapeur autour des obstacles et ouvertures des parois du bâtiment.

Feuille de travail L

Murs à ossature unique

Se reporter à la figure 25.

1. Les murs à ossature unique de la première méthode sont constitués de poteaux de 38 × 140 mm, auxquels on fixe des bandes de clouage de 38 × 64 mm posées sur le chant.

2. Les nattes isolantes sont installées dans l'ossature du mur et entre les bandes de clouage, tandis que la face extérieure du mur est recouverte d'un matériau isolant rigide (normalement en polystyrène ou en laine de verre). À noter que l'épaisseur de l'isolant rigide à l'extérieur ne doit pas dépasser 38 mm, pour permettre une fixation solide du parement. En effet, si l'isolant rigide extérieur a plus de 38 mm d'épaisseur, les clous servant à retenir le parement n'atteindront pas la charpente, et ne permettront donc pas une fixation solide. Pour des isolations plus poussées exigeant des profondeurs supérieures, on posera au préalable un fond de clouage (bandes de bois de 19 × 89 mm ou de 19 × 64 mm, par exemple).

3. Lorsqu'on emploie des panneaux isolants rigides, il faut poser des entretoises en X pour donner plus de résistance au mur. L'espacement des montants ne devrait pas dépasser 400 mm.

4. Le pare-vapeur étanche à l'air doit être agrafé sur l'avant de la charpente du mur, avant la mise en place des bandes de clouage intérieures de 38 × 64 mm. On le protège ainsi des dommages qu'il pourrait subir au moment de la pose du réseau électrique ou du revêtement sec. Pour éviter que le pare-vapeur ne soit percé par les vis dépassant de l'arrière des boîtes de raccordement électrique, on s'assurera que la profondeur de l'espace dégagé par les bandes de clouage n'est pas inférieure à

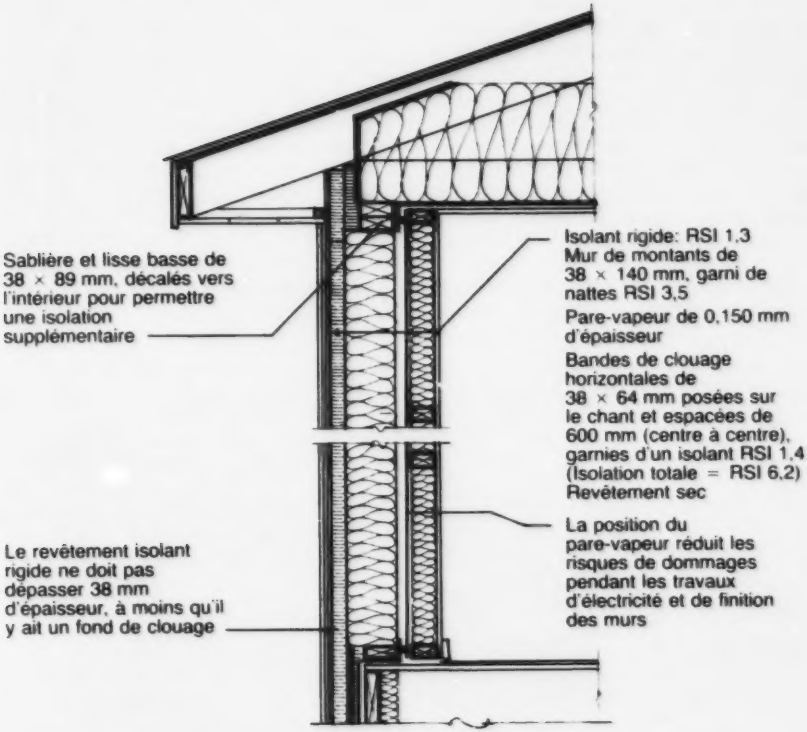


Figure 25. Mur à ossature unique

64 mm. Tous les joints du pare-vapeur doivent être rendus étanches de la façon décrite dans la feuille de travail A, la pellicule de polyéthylène étant également scellée aux coins et reliée de façon étanche aux pare-vapeur de la solive de rive et du plafond en ayant recours aux mêmes techniques. Les nombreux obstacles à la continuité de la barrière étanche (tuyaux, fenêtres, portes, cloisons, etc.) exigent la mise en œuvre de techniques particulières, décrites dans la feuille de travail N.

5. Même si les montants du mur sont des pièces de 38 × 140 mm, la sablière et la lisse basse sont des éléments de 38 × 89 mm posés à égalité avec la face interne des montants, comme le montre la figure. Cette disposition permet l'insertion d'une plus grande quantité d'isolant derrière la lisse basse et la sablière, ce qui contribue à réduire les pertes de chaleur par conduction à ces endroits.

6. Si l'enveloppe de la maison dans son ensemble est protégée par un pare-vapeur bien étanche, il y a peu de chance que la vapeur d'eau s'introduise à l'intérieur des murs. Toutefois, le moindre défaut de la barrière d'étanchéité pourrait donner lieu à une accumulation d'humidité à l'intérieur des murs, à moins qu'on ait pris des mesures pour maintenir une pression négative à l'intérieur de la maison.

7. La figure 26 donne deux exemples de construction d'un mur extérieur à parement de brique. Si l'on ajoute d'autres matériaux à la section du mur, il faut trouver l'espace nécessaire du côté du mur de fondation pour poser le parement de brique tout en retenant un appui suffisant pour les solives. On y arrive en déplaçant légèrement la lisse d'assise jusqu'au bord intérieur du mur de fondation.

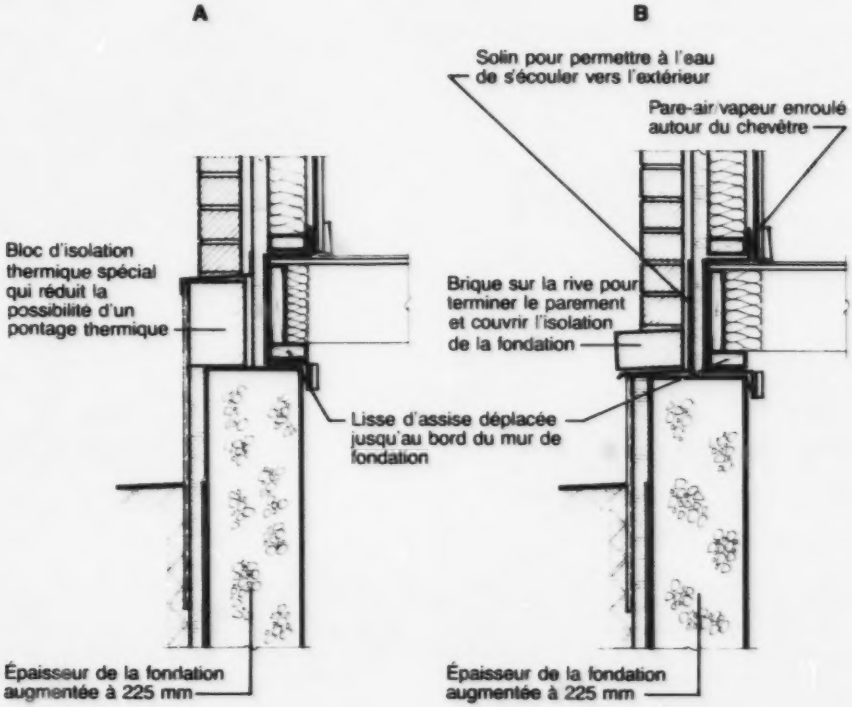


Figure 26. Deux possibilités d'éléments d'appui pour le parement de brique

Feuille de travail M

Mur à double ossature

Se reporter à la figure 27.

1. Les murs à double ossature sont constitués par la juxtaposition de deux murs ordinaires liés par une sablière et une lisse en contreplaqué. La profondeur totale du mur est déterminée par la largeur de la sablière et de la lisse. Le mur porteur est le mur intérieur.

2. Le mur à double ossature est réalisé de la manière habituelle, en ce sens qu'on le construit à l'horizontale sur le sol, pour ensuite le relever et le mettre en place. Le mur intérieur est d'abord assemblé, avec la sablière et la lisse doubles. La pellicule de polyéthylène est ensuite posée sur le dessus, toujours suivant les techniques types de la construction EPÉ pour créer des joints étanches (feuille de travail A). Vient ensuite un panneau de revêtement, qu'on cloue de la manière habituelle et qui protégera le pare-vapeur des dommages (vent et accidents de manutention). Il faut bien prendre garde de ne pas endommager la pellicule de polyéthylène en découpant le revêtement aux bonnes dimensions.

3. Le mur extérieur est alors assemblé, directement par-dessus le mur intérieur.

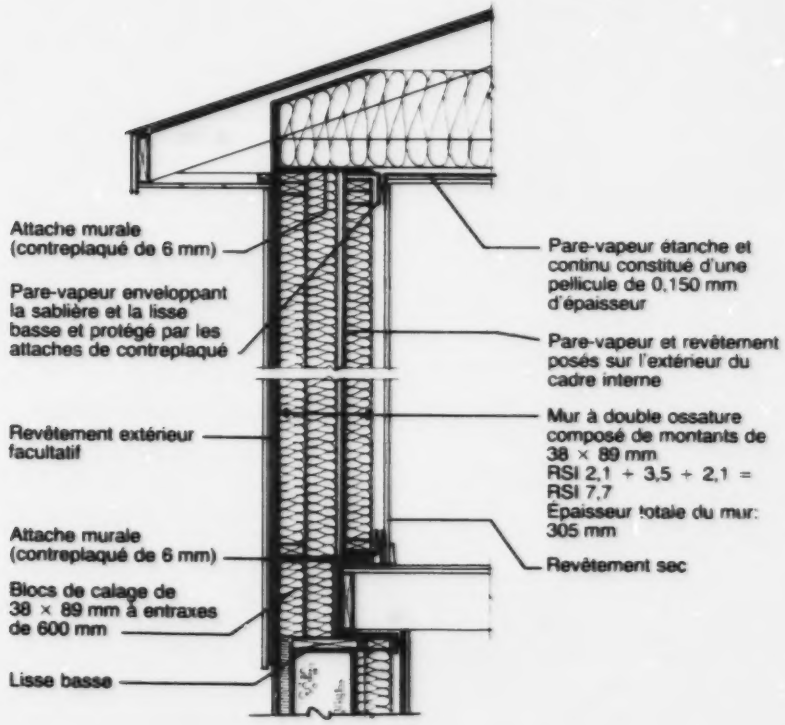


Figure 27. Mur à ossature double

Utilisant des cales d'épaisseur temporaires pour séparer les deux murs, on fixe la sablière et la lisse en contreplaqué qui retiendront les deux murs ensemble, en plus de protéger le pare-vapeur étanche à l'air.

4. On installe ensuite les blocs de calage sur la lisse basse, comme le montre la figure. À noter que cette opération demande une disposition inhabituelle de la solive de rive du rez-de-chaussée, près de la rive intérieure de la lisse basse. Ces blocs servent d'appui pour le mur extérieur et de surface de clouage pour le matériau de finition.

5. Le pan de mur double est basculé et mis en place, puis cloué aux blocs de calage. Les rabats du pare-vapeur sont agrafés à la face intérieure de la sablière et de la lisse pour éviter que la pellicule ne soit endommagée; plus tard, ces rabats seront joints de manière étanche aux pare-vapeur de la solive de rive et du plafond suivant les techniques types de la construction EPE (voir la feuille de travail A). Les deux vides extérieurs du mur peuvent maintenant être bouchés avec des nattes de fibre de verre. Le câblage électrique peut aussi être mis en place à l'intérieur du pare-vapeur, sans risque de dommage, avant qu'on procède à l'installation de la troisième couche d'isolant.

6. Certaines maisons construites de cette façon ont vu leurs murs extérieurs se déformer, ce qui s'explique probablement par le fait que le mur intérieur étant plus chaud que le mur extérieur, sa teneur en humidité est restée plus élevée. Dans certaines constructions utilisant des murs à double ossature, les constructeurs posent des contreventements en contreplaqué à quelques endroits pour rendre les deux murs plus solidaires.

7. D'autres modèles de murs à double ossature ont été mis à l'essai. Quelle que soit la technique utilisée, il faut prendre garde de fermer le pare-vapeur de façon étanche dans les coins (voir la figure 28). Les découpages du pare-vapeur autour des fenêtres, portes, tuyaux, évents, cloisons et autres bris de l'enveloppe du bâtiment doivent également être rendus étanches de la façon décrite dans la feuille de travail N.

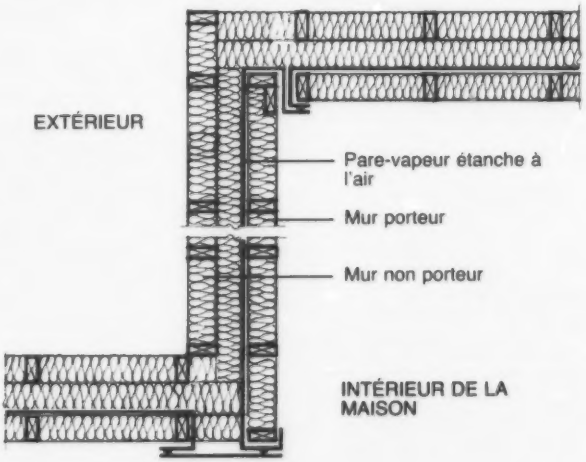


Figure 28. Aménagements des coins dans une construction à ossature double

Feuille de travail N

Ajustement étanche du pare-vapeur des murs autour des obstacles

1. Les cloisons intérieures de la maison sont généralement montées en même temps que les murs extérieurs. C'est ainsi que la continuité du pare-vapeur sera brisée par l'ossature de la cloison, notamment au sommet de la cloison et à l'endroit où le montant extérieur de la cloison prend appui sur le mur de charpente. Si la maison possède un vide sanitaire non chauffé, la cloison interrompra aussi le pare-vapeur couvrant tout le plancher.

Une façon d'obvier à ces difficultés consiste à poser une bande de polyéthylène d'amorçage autour de la cloison avant sa mise en place. La figure 29 montre comment procéder dans une maison à ossature de bois sans étage. (À noter que la bande d'amorçage passe entre les deux éléments de la sablière.) Plus tard, quand les pare-vapeur du plafond, des murs et du plancher auront été posés, ils pourront être joints de façon étanche à la bande d'amorçage de chaque cloison (suivant les techniques types EPÉ) pour assurer la continuité de la barrière étanche autour de celle-ci.

Une autre technique consiste à appliquer le pare-vapeur sur toute l'enveloppe de la maison avant de monter les cloisons. Cette méthode comporte des avantages et des inconvénients, mais elle est recommandée si on prévoit un éventuel soulèvement des fermes du toit (voir le chapitre 6).

2. Si un fil électrique doit traverser le pare-vapeur (par exemple, si la pellicule de polyéthylène n'est pas installée sous un isolant à l'intérieur du mur ou si le fil électrique vient de l'extérieur), ce fil devrait emprunter un trou percé dans une pièce de bois massif, qu'on bouchera ensuite avec une pâte de calfeutrage.

3. Si le pare-vapeur n'est pas enfoui entre deux couches d'isolant à l'intérieur du mur, ou pourra utiliser des boîtiers étanches en plastique rigide pour loger les prises de courant. Les boîtiers doivent être scellés au pare-vapeur. Comme solution de rechange, on peut monter les boîtes électriques sur les plinthes. De façon générale, on devrait réduire au minimum le nombre de dispositifs électriques installés dans les murs extérieurs, sous réserve des prescriptions des codes locaux du bâtiment.

4. La jonction étanche des pare-vapeur autour des fenêtres est traitée dans le chapitre 7, celle des portes dans le chapitre 8, et celle des tuyaux et évents dans le chapitre 9.

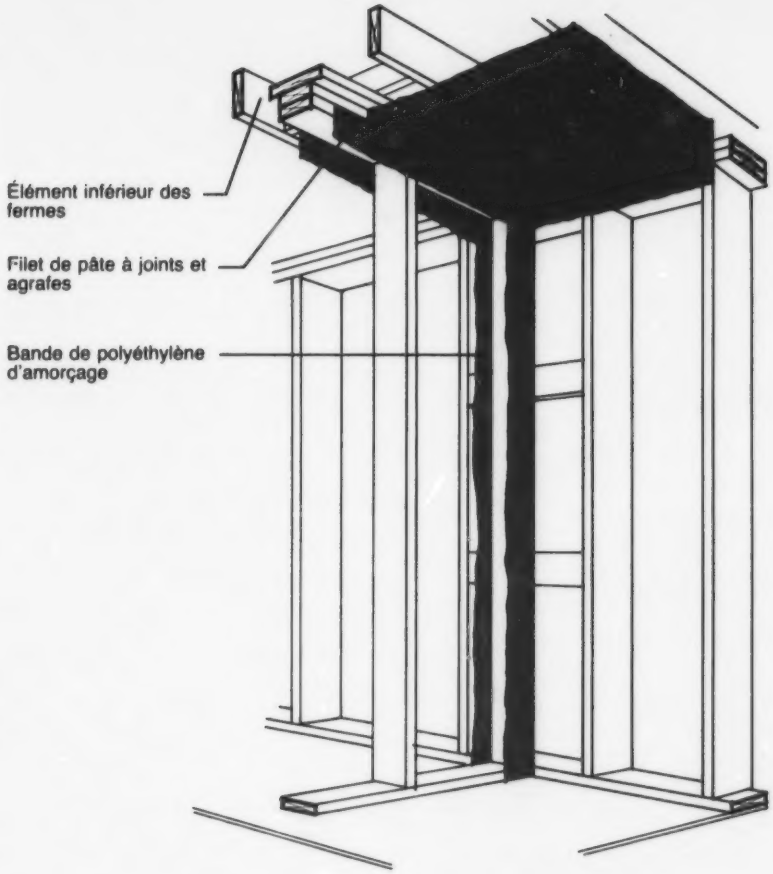


Figure 29. Installation du pare-vapeur au point de rencontre des cloisons intérieures avec les murs extérieurs et les plafonds

Chapitre 6

Les plafonds

Les techniques d'isolation des plafonds constituent un prolongement logique des méthodes d'isolation habituelles et des techniques d'application du pare-vapeur étanche répondant aux normes de la construction à grande efficacité thermique. La feuille de travail O porte sur les mesures à prendre pour les plafonds plats tandis que la feuille P concerne les toits cathédrale.

Feuille de travail O

Plafonds ordinaires

Se reporter à la figure 30.

1. Le matériau isolant du plafond peut être en vrac ou sous forme de nattes (ou matelas) et doit offrir une résistance thermique égale ou supérieure aux valeurs RSI indiquées au tableau 1. L'isolant en nattes est plus stable à long terme, mais est plus

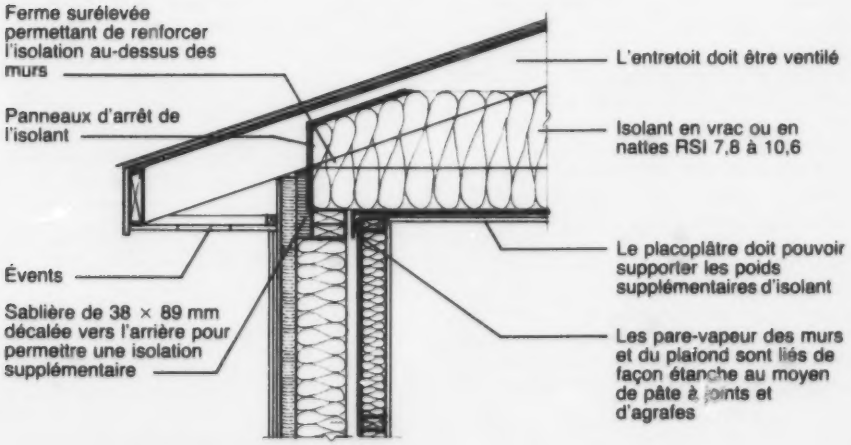


Figure 30. Isolation du plafond

difficile à ajuster autour des différents éléments (tuyaux, ouvertures, etc.) qui entravent l'installation. De plus, des poches d'air peuvent subsister sous les nattes, créant des voies d'aération qui annulent l'effet de l'isolant. Les matériaux en vrac ne souffrent pas de ce défaut, mais ont tendance à se compacter avec le temps et à perdre ainsi de leur efficacité. L'isolant en vrac peut aussi se déplacer à l'intérieur du grenier si la maison est exposée à de grands vents.

2. Le pare-vapeur étanche à l'air est installé comme on le ferait pour une construction de type traditionnel, mais les joints sont fermés de façon étanche et agrafés suivant les indications de la feuille de travail A. Ces même techniques sont employées pour joindre le pare-vapeur du plafond à celui des murs, comme le fait voir la figure 30.

3. L'épaisseur supplémentaire d'isolant (qui peut atteindre 400 mm au total) exige de plus longues barres d'arrêt et impose une charge accrue sur la charpente du plafond. Certaines maisons construites selon les normes EPÉ ont vu leur plafond s'affaisser quelque temps après leur parachèvement. Les risques d'affaissement et sa gravité dépendent de l'épaisseur du placoplâtre (ou gypsoplaqué), de l'espacement des fermes et du poids de l'isolant, mais le facteur le plus déterminant est le niveau d'humidité. Si l'espacement des fermes est de 600 mm, il faudra utiliser un placoplâtre de 15,9 mm (plutôt que le panneau d'épaisseur courante de 12,7 mm), comme le recommande l'association des fabricants. Une autre solution, plus efficace, consiste à poser des bandes de clouage à angle droit avec les fermes. Ces bandes, constituées de pièces de 19 × 38 mm placées à tous les 600 mm, pourront supporter le poids supplémentaire d'isolant. De plus, elles créeront un espace libre entre le revêtement sec et le pare-vapeur, permettant ainsi d'installer les fils électriques sans qu'il soit nécessaire de perforer le pare-vapeur.

4. Le soulèvement (ou la cambrure) des fermes du toit est un phénomène susceptible de se produire dans toutes les maisons, mais qui semble plus répandu dans les maisons dont le plafond est fortement isolé. Le phénomène serait attribuable à une différence dans la teneur en humidité des membrures supérieures et inférieures des fermes, en raison d'une différence de température entre le sommet et le bas du grenier. Cet écart dans la teneur en humidité produit une déformation des fermes du toit, laquelle se traduit par une cambrure des fermes en leur centre, entraînant d'éventuelles crevasses au sommet des cloisons à l'étage inférieur. La solution généralement retenue consiste à aménager l'étage inférieur de façon que le soulèvement des fermes n'entraîne pas de crevasses ou autres dommages aux murs.

Le comité des recherches techniques de l'ACHDU a publié un bulletin sur le phénomène du soulèvement des fermes du toit, bulletin que les architectes et constructeurs auraient avantage à consulter.*

5. Le périmètre extérieur du plafond est à l'origine de pertes importantes de chaleur. Pour y remédier, les fermes du toit doivent comporter des arêtes plus hautes ou leur inclinaison doit être plus forte pour permettre une isolation plus poussée au-dessus des murs extérieurs.

6. Les coefficients de renouvellement de l'air dans les greniers, tels que stipulés dans le code du bâtiment, sont relativement arbitraires et n'ont pas été modifiés depuis nombre d'années parce qu'ils semblent donner des résultats satisfaisants (en ce sens qu'ils permettent un contrôle suffisant

---

* *Seasonal Uplift of Roof Trusses*. Bulletin technique numéro 3 de l'ACHDU. (Toronto : Association canadienne de l'habitation et du développement urbain, 1980)

du degré d'humidité du grenier dans la plupart des cas). Cependant, dans une maison EPÉ, et avec un pare-vapeur étanche à l'air, le flux de vapeur d'eau dans le grenier est considérablement réduit, de sorte que le besoin de ventilation devrait être moindre.

Le mouvement de l'air dans le grenier favorise la circulation de l'air à l'intérieur de l'isolant et réduit son efficacité dans une proportion correspondant au volume d'air déplacé. Une aération excessive aura donc pour effet d'abaisser le niveau d'isolation effective du grenier. Dans les maisons EPÉ de l'avenir, il est possible qu'on puisse réduire les taux d'aération des greniers. Néanmoins, et jusqu'à ce qu'on obtienne des données plus récentes à ce sujet, il est préférable de s'en tenir aux valeurs actuellement admises. Dans les zones de grand vent, il convient en outre de s'assurer que la neige ne pourra s'introduire dans le grenier à la faveur des tempêtes.

7. Quand un tuyau de fumée doit traverser le pare-vapeur, il faut surtout s'assurer qu'on maintient l'efficacité de l'isolation et de la barrière étanche sans risquer l'inflammation ou la détérioration des matériaux environnants. La figure 31 montre une telle installation dans un plafond. Un cylindre métallique posé autour du tuyau et ayant le diamètre requis pour éliminer les risques d'incendie est maintenu à distance égale du tuyau par des cales. Pour la cheminée, les coupe-feu métalliques sont isolés avec une laine minérale à faible densité (à noter que toutes les laines minérales ne conviennent pas à cet usage). Le tuyau de fumée doit être ajusté de façon étanche aux coupe-feu, bien que ce ne soit pas facile, puisque tout matériau de scellement est bientôt fissuré par les mouvements d'expansion répétés du tuyau sous l'effet de la chaleur. Le mieux qu'on puisse faire est de réduire la taille de l'ouverture au moyen d'une pâte de calfeutrage non combustible. Certains constructeurs utilisent à cette fin un ciment réfractaire destiné aux silencieux de voitures.

L'utilisation de cheminées pré-assemblées en usine permettra de résoudre certaines des difficultés mentionnées plus haut. Chaque type d'appareil de chauffage exige un tuyau de fumée d'une qualité différente.

8. Le joint fait autour d'une colonne d'évent doit prévoir un espace pour la dilatation. La technique traditionnelle, qui utilise de l'étoupe bourrée autour du tuyau (voir la

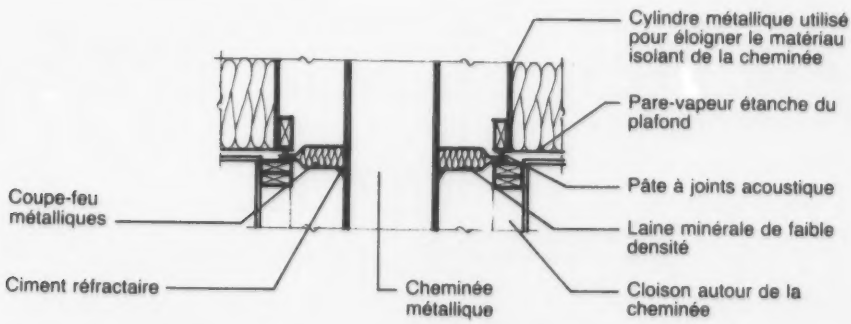


Figure 31. Liaison étanche et isolation autour d'une cheminée métallique

figure 32), donne des résultats satisfaisants à condition que le travail soit exécuté de façon soignée (plus précisement : le trou percé à travers la sablière doit être rond et de 15 à 25 mm plus grand que le tuyau d'évent).

9. Les trappes d'accès au grenier seront aménagées, autant que possible, dans le pignon du grenier ou dans un garage attenant non chauffé. Si la trappe est percée dans le plafond, elle doit être fermée de façon étanche et isolée de la manière prévue à la figure 33.

10. Les évents de la cuisine et de la salle de bain ne doivent pas traverser le plafond (voir la feuille de travail S).

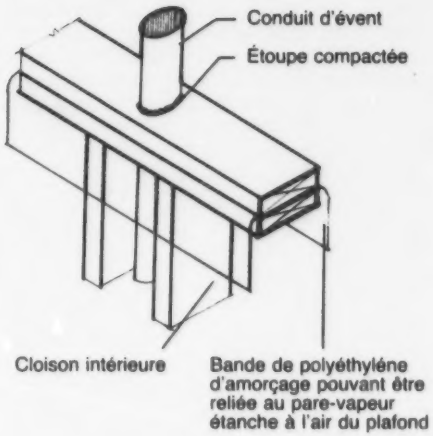


Figure 32. Création d'un joint étanche autour d'un conduit d'évent

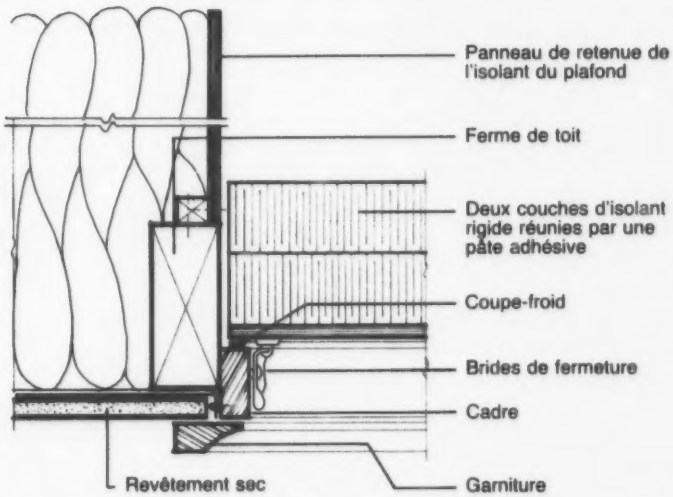


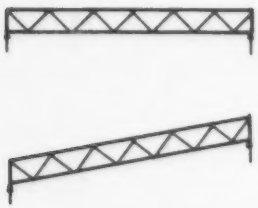
Figure 33. Isolation et fermeture étanche de la trappe du grenier

Plafonds cathédrale

Le plafond cathédrale présente les mêmes exigences qu'un grenier ordinaire. Il faut donc prévoir une bonne isolation et un pare-vapeur efficace, et comme dans un grenier ordinaire, assurer une certaine aération pour évacuer l'humidité.

Règle générale, on utilise des chevrons de bois massif de 38 × 140 mm ou 38 × 190 mm comme ossature des plafonds cathédrale. L'espace ainsi formé est insuffisant pour qu'on puisse y glisser l'épaisseur voulue d'isolant, tout en ménageant un vide pour la ventilation. Il s'ensuit que souvent des plafonds cathédrale sont bourrés d'isolant, au point d'y interdire toute circulation d'air.

Dans une maison construite selon les normes EPÉ, le plafond cathédrale doit permettre d'assurer un niveau d'isolation élevé et une aération suffisante.



Ferme à membrures parallèles

Ferme en ciseaux

Figure 34. Divers types de ferme de toit

Feuille de travail P

Plafonds cathédrale

1. La façon la plus pratique d'obtenir un plafond cathédrale possédant un niveau d'isolation élevé tout en laissant un espace suffisant pour l'aération est d'utiliser des fermes préfabriquées spécialement à cette fin (parfois appelées chevrons-fermes). Ces fermes peuvent avoir une profondeur considérable, et possèdent pour la plupart une ossature ajourée qui permet une ventilation transversale d'un compartiment à l'autre, ce qui est excellent puisque l'humidité peut se dissiper sur une plus large surface.

2. Il existe plusieurs modèles de ces fermes spécialement destinées aux toits cathédrale (voir les figures 34 et 35). Les fermes construites avec des poutres en I diffèrent des trois autres modèles en ce que chaque compartiment est isolé des autres, d'où la nécessité d'assurer une aération continue par le faîte et la sous-face, comme le montre la figure 36.

3. Quel que soit le modèle de ferme utilisé, il faut prévoir un isolant en nattes dont la résistance thermique sera égale ou supérieure aux niveaux indiqués dans le tableau 1.

4. Le détail de l'installation du pare-vapeur étanche à l'air est identique à la méthode suivie pour les plafonds ordinaires (feuille de travail O).

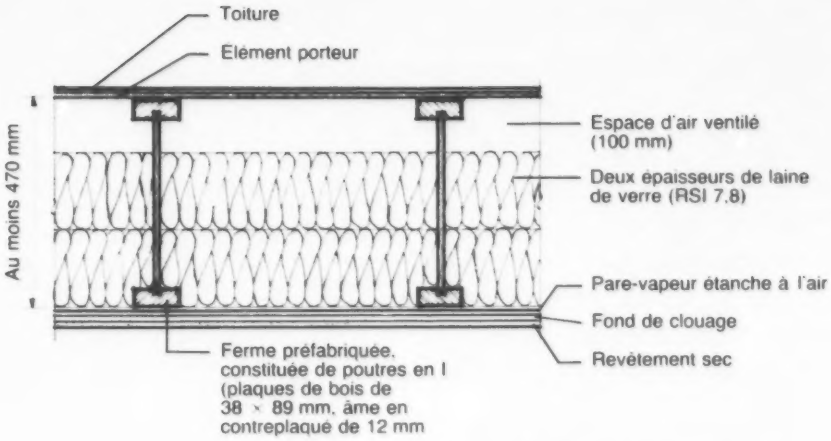


Figure 35. Ferme soutenue par des poutres en I

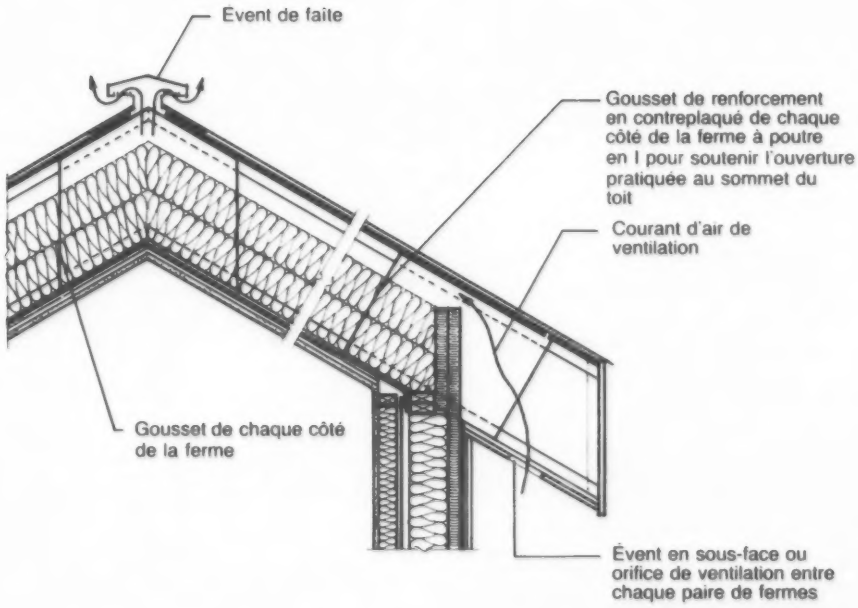


Figure 36. Ventilation d'un toit cathédrale à poutres en I

Chapitre 7

Les fenêtres

Le niveau d'isolation thermique offert par une fenêtre de maison est généralement de l'ordre de RSI 0,25 à 0,50. Dans une maison EPÉ, où l'isolation thermique des murs varie de RSI 4,2 à 5,6, la fenêtre fait figure de trou thermique qui cadre mal avec l'idée d'efficacité énergétique.

Les fenêtres perdent de la chaleur de quatre façons:

- il y a conduction et transmission de chaleur d'une épaisseur de verre à l'autre;
- il y a également conduction à travers le châssis de la fenêtre;
- il y a infiltration d'air froid autour des parties mobiles du châssis de la fenêtre;
- enfin, il y a infiltration d'air froid autour du cadre de la fenêtre, partout où le pare-vapeur n'a pas été rattaché de façon étanche au cadre.

On étudiera, dans la feuille de travail Q, diverses façons de réduire ces pertes de chaleur et de tirer profit de la chaleur du rayonnement solaire par la voie passive (à noter que cet apport de chaleur gratuite peut transformer le bilan thermique négatif de la fenêtre en bilan positif).

Feuille de travail Q

Les fenêtres

1. Conduction et transmission de la chaleur d'une épaisseur de verre à l'autre :

a. Les bonnes fenêtres à double vitrage ont une lame d'air de 15,8 à 19 mm entre les deux vitres, puisque la résistance thermique de l'air diminue quand on s'écarte de cet intervalle.

b. Les bonnes fenêtres à triple vitrage ont deux lames d'air dont l'épaisseur se situe entre 15,8 et 19 mm. Pour ces fenêtres, le degré d'isolation thermique est près du double de celui des fenêtres à deux vitres.

c. Les fenêtres fixes devraient probablement comporter un triple vitrage. Les parties mobiles de la fenêtre ne se prêtent pas facilement à l'utilisation du triple vitrage, en raison d'une trop grande épaisseur, et doivent se contenter du double vitrage.

2. Conduction à travers le châssis de la fenêtre :

a. Les châssis métalliques (c'est-à-dire, les cadres qui retiennent les vitres) comportant des discontinuités thermiques de même que les châssis de bois et de vinyle sont les plus efficaces au plan isolation thermique.

3. Infiltration d'air autour des parties mobiles des fenêtres:

a. Dans une construction EPÉ, la fenêtre doit être considérée comme une partie intégrante, bien que peu efficace, de l'enveloppe étanche à l'air du bâtiment. Si on se donne la peine de rendre l'enveloppe étanche, il n'est pas logique d'utiliser des fenêtres de qualité inférieure qui laisseront entrer des volumes considérables d'air froid de l'extérieur.

b. La plus grande partie des infiltrations d'air froid par les fenêtres se produit autour des châssis ouvrants ou coulissants. Pour atténuer les risques d'infiltration, on s'efforcera de réduire au minimum la taille des châssis ouvrants. La fenêtre doit être choisie en fonction de la qualité de ses joints étanches ou en fonction de sa résistance prouvée à l'infiltration. Les fenêtres à châssis suspendus (montés sur charnière) sont généralement plus étanches que les châssis coulissants.

4. Infiltration d'air autour du cadre de la fenêtre:

a. Dans une maison à grande efficacité thermique, la jonction du pare-vapeur avec le cadre des fenêtres doit être étanche (voir la figure 37). Pour y arri-

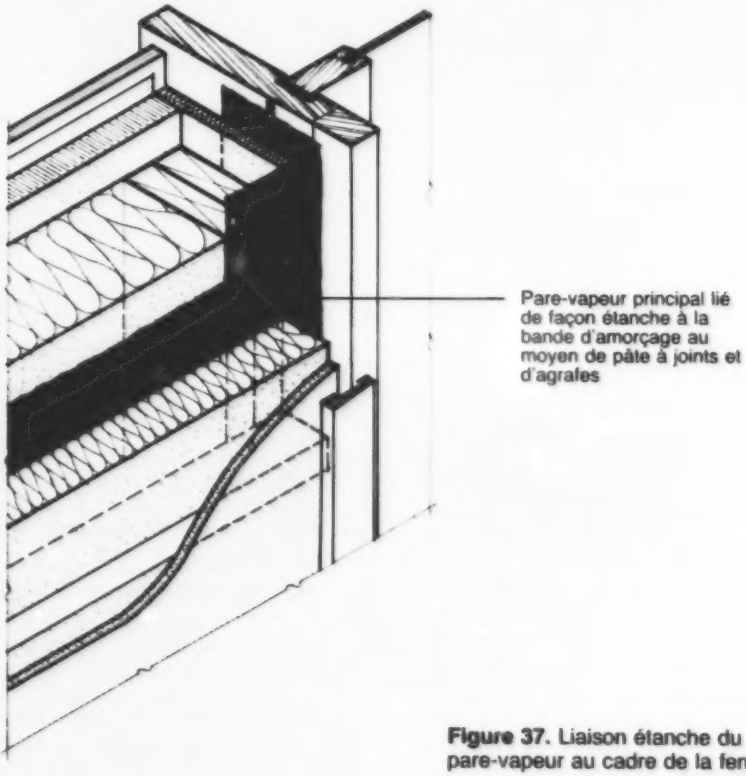


Figure 37. Liaison étanche du pare-vapeur au cadre de la fenêtre

ver, on fixe une bande de polyéthylène au cadre de la fenêtre (en appliquant les techniques types de la construction EPÉ), avant que ce cadre soit introduit dans l'ouverture qui lui est destinée. Des longueurs supplémentaires de polyéthylène sont laissées à chaque coin de la fenêtre de façon à pouvoir les raccorder au pare-vapeur du mur en repliant la pellicule plutôt qu'en la coupant.

b. Une fois le cadre en place, on glisse ou on injecte de l'isolant (fibre de verre ou mousse de polyuréthane) dans l'espace vide entre l'ouverture dans le mur et le cadre. La pellicule de polyéthylène fixée sur le cadre est alors rattachée de façon étanche à la pellicule couvrant le mur, suivant les directives de la feuille de travail A. Il faut accorder une attention toute particulière à la jonction étanche des plis de la pellicule aux coins de la fenêtre.

c. On peut remplacer la technique représentée à la figure 37 en fixant la pellicule de polyéthylène du pare-vapeur directement sur le cadre de la fenêtre. On doit cependant considérer cette méthode comme un deuxième choix, puisqu'elle offre moins de protection contre les dommages en cours de construction et qu'elle présente des risques d'étirement à long terme par déformation de la charpente.

5. Chauffage solaire passif :

a. Les principes du chauffage solaire passif ont été décrits dans la partie I. Dans une maison EPÉ bien conçue, les fenêtres de la maison doivent être concentrées autant que possible du côté sud, la superficie des fenêtres privées de rayonnement solaire direct en hiver étant réduite au minimum. La superficie totale des fenêtres orientées vers le sud sera fixée à 6 ou 8 pour cent environ de l'aire chauffée de l'étage. Ce coefficient est le résultat d'un compromis entre ce que, d'une part, la maison peut absorber comme chaleur solaire durant le jour (pour éviter de surchauffer l'aire habitable) et ce que, d'autre part, l'habitation va perdre par ces mêmes fenêtres en l'absence de rayonnement solaire. La superficie des fenêtres peut être accrue légèrement (au-dessus de 8 pour cent environ de la superficie chauffée de l'étage) si la maison possède une capacité de stockage thermique suffisante.

b. Dans une maison conçue pour tirer profit de la chaleur solaire par la voie passive, il faudra modifier l'agencement habituel des pièces de façon à tenir compte de la répartition inégale des fenêtres. De plus, il peut être indiqué d'assurer en permanence un minimum de circulation d'air (par exemple, par un réglage à basse vitesse du ventilateur de l'appareil de chauffage à air pulsé), pour répartir la chaleur solaire dans toutes les pièces.

c. Les surplombs de l'avant-toit qui laissent entrer le soleil d'hiver et bloquent le soleil d'été doivent être calculés avec précision (voir la figure 5). Les dimensions effectives de ces surplombs dépendent de la situation géographique (qui détermine l'inclinaison du soleil sur l'horizon) et de la forme des fenêtres. Le surplomb devrait laisser entrer tout le rayonnement solaire jusqu'au début de février. (Il est facile de se procurer un tableau des inclinaisons du soleil selon la saison de l'année dans sa localité. Quant au calcul mathématique de la longueur du surplomb, il est relativement simple à faire.)

Nota : Des efforts considérables sont consacrés à la mise au point de dispositifs d'isolation mobiles pour les fenêtres, que l'on enlèverait le jour pour laisser entrer le rayonnement solaire mais qui élimineraient une source importante de déperdition de chaleur la nuit en obturant complètement les fenêtres.

Les recherches n'ont cependant pas encore permis de créer un système efficace et d'un prix abordable.

Chapitre 8

Les portes

Les portes des maisons perdent de la chaleur de quatre façons :

- conduction à travers le matériau de la porte,
- conduction à travers le cadre,
- infiltration d'air sur le périmètre de la porte,
- infiltration d'air entre le cadre de la porte et le pare-vapeur du mur adjacent.

La feuille de travail R décrit diverses façons économiques de réduire ces pertes dans une maison EPE.

Feuille de travail R

Les portes

1. Pour réduire la déperdition de chaleur par conduction à travers le matériau de la porte, on utilisera des portes dites «thermiques», dont le facteur RSI atteint environ 2.1 contre 0.3 ou 0.4 pour une porte de bois.

2. Le taux d'infiltration d'air autour de la porte dépend surtout de la qualité des coupe-froid et du soin qu'on a mis à les installer. Les coupe-froid de bonne qualité (c'est-à-dire souples et auto-ajustables) devraient assurer une bonne étanchéité, indépendamment du type de porte employé. De façon générale, on peut dire qu'il faut accorder autant d'importance au coupe-froid qu'à la qualité thermique de la porte dans une maison EPE.

3. Les pertes de chaleur par infiltration d'air autour du cadre de la porte sont combattues, dans une maison EPE, en créant un joint étanche entre le pare-vapeur du mur et la bande de polyéthylène entourant le cadre de la porte. La méthode à suivre est la même que dans le cas des fenêtres (voir la feuille de travail Q).

4. L'addition d'une double-porte aura un effet négligeable sur l'efficacité thermique générale de l'entrée de la maison. La contre-porte n'a donc, dans une maison EPE, d'autre fonction que de permettre l'installation d'un grillage-moustiquaire pour favoriser l'aération de la maison en été.

Chapitre 9

Gestion de l'air : aération intérieure

Comme nous l'avons mentionné dans la partie I, l'étanchéité à l'air des maisons EPÉ crée – directement ou indirectement – trois besoins particuliers en matière d'aération :

- la nécessité d'assurer un approvisionnement en air frais extérieur,
- la nécessité de prévoir, dans certains cas, un approvisionnement distinct, pour l'appareil de chauffage,
- enfin, l'obligation, dans d'autres cas, de prendre des mesures particulières pour rétablir une pression négative à l'intérieur de la maison.

On traitera, dans le présent chapitre, de l'approvisionnement en air extérieur, les deux points suivants faisant l'objet du chapitre 10.

Dans la construction de type traditionnel, l'air frais pénètre à l'intérieur de la maison en empruntant les nombreux interstices de l'enveloppe du bâtiment. Dans une maison construite selon les normes EPÉ, le renouvellement de l'air, par les moyens naturels, peut prendre jusqu'à 10 heures, ce qui est beaucoup trop long pour permettre d'évacuer l'excès d'humidité, les odeurs et les polluants. Il faut donc prévoir une ventilation mécanique pour s'assurer que l'air intérieur se renouvellera complètement au moins à toutes les deux ou trois heures.

Le contrôle du taux d'aération peut être obtenu de diverses façons, avec ou sans récupération de la chaleur. La feuille de travail S décrit une des possibilités.

Feuille de travail S

Ventilation de l'aire habitée

1. La figure 38 représente les principaux éléments d'une installation de ventilation. Dans ce cas-ci, on a un échangeur de chaleur air-air qui récupère la chaleur de l'air expulsé et la transmet à l'air extérieur qu'on introduit dans la maison. Le débit d'air peut être réglé à l'avance, contrôlé de façon manuelle et (ou) commandé par un hygrostat (qui actionne le ventilateur quand le taux d'humidité dépasse un seuil déterminé).

2. Les conduits collecteurs extraient l'air vicié intérieur par l'intermédiaire de quelques prises d'air réparties dans la maison. Si le code du bâtiment local et la capacité de l'échangeur de chaleur le permettent, ces prises d'air peuvent desservir la salle de bain et la cuisine, à condition toutefois

d'être munies chacune d'un régulateur anti-retour. Ces régulateurs deviennent superflus si le fonctionnement du mécanisme est continu. En plus ou à la place de cette installation, les conduits peuvent aller chercher l'air dans une ou deux pièces attenantes de la maison, un peu comme dans le cas des conduits de retour d'air d'un appareil de chauffage. Il faut choisir la taille, la longueur et le parcours de ces conduits en fonction d'une chute minimale de pression.

3. En principe, l'air humide des sécheuses peut aussi être évacué à l'extérieur par l'intermédiaire de l'échangeur de chaleur. Toutefois, les échangeurs de chaleur domestiques actuellement disponibles sur le marché ne sont généralement pas conçus pour traiter les importants volumes d'air humide et chaud débités par les sécheuses. (Il n'est pas recommandé d'évacuer l'air humide de la sécheuse à l'intérieur de la maison à cause de l'humidité et de la charpie qui peuvent y être libérées).

4. Le conduit d'air frais apporte l'air extérieur pré-chauffé à l'intérieur de la maison. L'air peut être directement dans une pièce (avec le risque de créer un léger courant d'air) ou près d'une prise d'air de l'installation de chauffage.

5. La prise d'air et l'évent d'évacuation donnant sur l'extérieur peuvent traverser les solives de bordure ou les murs de fondation. Les deux ouvertures doivent être suffisamment éloignées pour éviter que l'air aspiré ne soit contaminé par les rejets d'air vicié, mais assez près l'une de l'autre pour être soumises à la même pression de vent. On recommande donc de disposer les deux bouches sur le même mur, loin des coins, à un mètre environ l'une de l'autre. Le code relatif aux appareils de combustion au gaz naturel exige un dégagement d'au moins un mètre entre ces évents et tout conduit de gaz.

6. Les conduits d'amenée et d'évacuation doivent être isolés et le pare-vapeur doit être scellé autour des conduits. La figure 39 montre une façon de créer un joint étanche quand les murs du sous-sol sont isolés de l'intérieur.

Nota : L'ACNOR a publié des directives concernant l'installation des systèmes de ventilation.

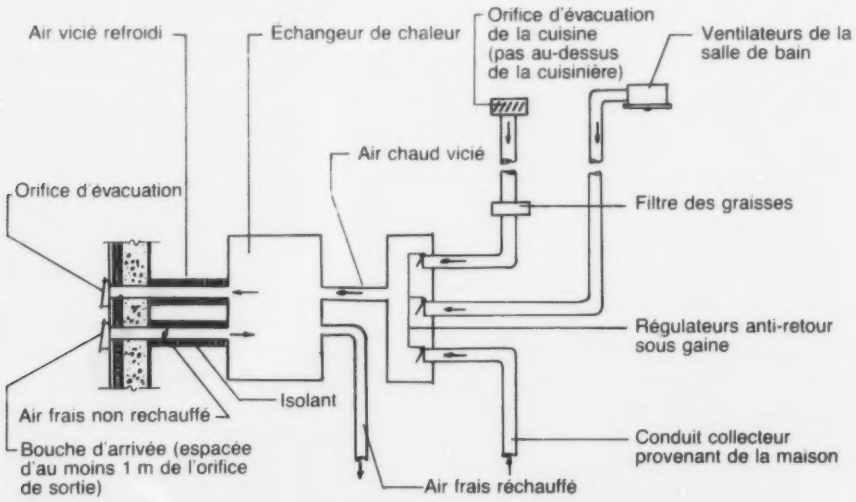


Figure 38. Diagramme d'un système de ventilation comportant un échangeur de chaleur

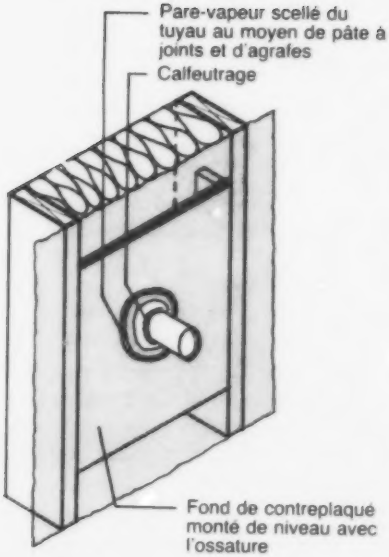


Figure 39. Liaison étanche des tuyaux d'évacuation et d'arrivée au pare-vapeur

7. En principe, une installation semblable à celle illustrée à la figure 38 peut se passer d'un échangeur de chaleur, comme le montre la figure 40. Si on le désire, l'appareil pourrait aussi être ajouté sans difficulté par la suite.

8. Qu'il y ait échangeur de chaleur ou non, les conduits d'évacuation de la salle de bain et de la cuisine, s'ils ne sont pas raccordés au réseau de ventilation, doivent être acheminés vers le bas et à travers la solive de rive, plutôt qu'à travers le toit. Cette disposition permet de réduire les pertes de chaleur par conduction. Si ces conduits sont longs, il faut en augmenter le diamètre pour réduire la résistance de débit.

9. Indépendamment du système de ventilation retenu, l'emploi d'appareils de cuisson à combustion est fortement déconseillé dans les maisons étanches à l'air, en raison du caractère toxique de leurs gaz de combustion. (L'installation de hottes de cuisinière ne suffit généralement pas à contourner le problème.)

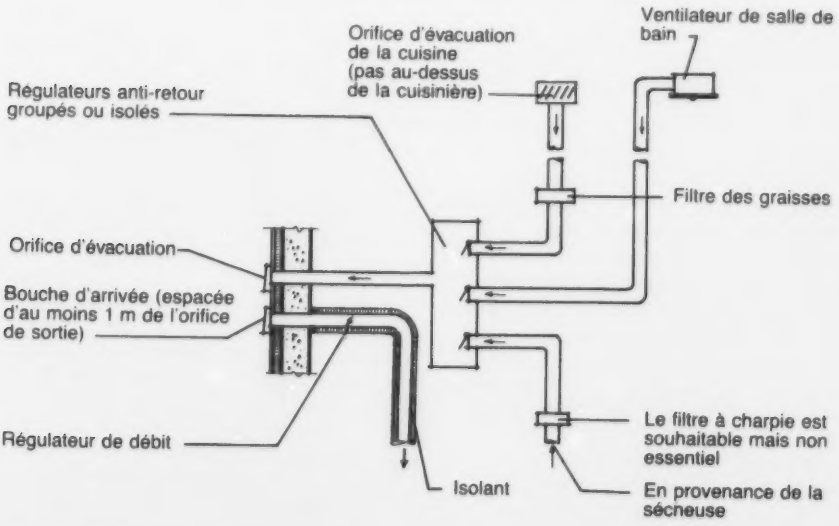


Figure 40. Système de ventilation ne comportant pas d'échangeur de chaleur

Chapitre 10

Gestion de l'air — Aspects divers

Air comburant, air d'entraînement des gaz de combustion, pression interne

Comme nous l'avons déjà mentionné dans la partie I, les chaudières et autres appareils brûlant des combustibles ont besoin d'air comburant et d'air libre pour entraîner les produits de la combustion vers l'extérieur. De plus, il importe de maintenir une pression légèrement négative à l'intérieur de la maison de façon à réduire la pénétration de l'air humide intérieur dans la charpente des murs et le grenier.

Pour des raisons qui ont été évoquées plus tôt, il est souvent nécessaire dans les maisons EPÉ de prévoir des moyens particuliers pour répondre à ces besoins. Dans la plupart des cas, cependant, la mise en oeuvre de ces moyens ne devrait pas présenter de difficultés spéciales.

La nature de ces aménagements dépendra surtout du choix du système de chauffage, puisque chaque système comporte des besoins en air particuliers et produit des effets différents sur la pression d'air interne. À cet égard, les systèmes de chauffage de l'eau et de l'air ambiant peuvent être rangés dans trois catégories :

1. Les systèmes qui n'ont pas besoin d'air comburant ni d'air d'entraînement des produits de combustion comme :
   - les installations utilisant des résistances électriques,
   - les pompes à chaleur mues à l'électricité,
   - les pompes à chaleur à gaz, avec condensation des vapeurs d'eau,
   - les systèmes de chauffage solaire,
   - les installations de chauffage où le générateur de chaleur est à l'extérieur de la maison.
   - les appareils à gaz à condensation (des vapeurs d'eau) fonctionnant en mode impulsif.

   Ces maisons, de toute évidence, n'ont pas besoin d'air comburant ou d'entraînement, mais elles ne sont pas à l'abri du phénomène de pressurisation positive. La feuille de travail T décrit quelques mesures susceptibles de corriger cette tendance.

2. Les systèmes qui tirent l'air comburant de la maison, mais qui n'ont pas besoin d'air pour évacuer les produits de combustion, comme :
   - les appareils à gaz à induction atmosphérique,
   - les appareils à gaz à condensation (des vapeurs d'eau),

   La feuille de travail U décrit les grandes mesures à mettre en œuvre pour la ventilation des maisons chauffées de cette manière.
3. Les systèmes qui tirent l'air comburant et l'air d'entraînement de l'intérieur de la maison comme :
   - les appareils à gaz de type traditionnel.
   - les appareils à mazout de type traditionnel.

   La feuille de travail V décrit les grandes mesures à mettre en œuvre pour la ventilation des maisons chauffées de cette façon. À noter, cependant, que l'emploi de ces appareils n'est pas normalement recommandé pour le chauffage des maisons étanches. En réalité, ils ne conviennent pas du tout à ces bâtiments qui répondent à des normes de rendement plus élevées.

Les problèmes particuliers soulevés par l'emploi des poêles à bois, foyers et appareils de chauffage mobiles font l'objet d'une étude distincte à la fin du présent chapitre.

À noter que les mesures décrites dans les feuilles de travail T, U et V *s'ajoutent* aux aménagements décrits au chapitre 9.

Feuille de travail T

Gestion de l'air — Systèmes de chauffage n'exigeant pas d'air comburant ni d'air d'entraînement des produits de combustion

1. Rétablissement d'une pression négative :

a. Un conduit de 150 mm de diamètre, isolé et muni d'un régulateur de tirage, doit être prévu dans les plans de la maison de façon à maintenir une pression légèrement négative à l'intérieur de celle-ci. Ce conduit devrait de préférence être situé au sommet d'un escalier, ou dans une zone où convergent d'autres couloirs de circulation ouverts. Le conduit doit s'ouvrir au niveau du plafond, ou à peu près, et être relié à un évent de faîte au moyen d'un raccord standard d'évent de 100 × 400 mm. Il va de soi que le conduit d'aération, s'il traverse le pare-vapeur, doit y être joint de façon étanche, pour empêcher l'humidité de pénétrer dans le grenier.

b. Ce conduit, tant qu'il sera ouvert, agira comme une cheminée, tirant l'air de l'intérieur pour l'amener à l'extérieur et créant une pression négative dans la maison. le débit sera toutefois restreint par le taux d'infiltration de l'air.

c. L'ouverture du régulateur de tirage doit être commandée automatiquement par l'intermédiaire d'un hygrostat. Cette méthode est excellente, puisque l'ouverture se fait automatiquement au moment

où c'est le plus nécessaire, c'est-à-dire lorsque le taux d'humidité dépasse un certain seuil et qu'il faut créer une pression négative pour attirer l'air frais (et sec) extérieur. L'idéal serait que la commande réponde automatiquement aux différences de pression, mais un tel appareil n'est pas encore sur le marché. Par conséquent, il est fort probable que dans de nombreuses situations bien précises le régulateur de tirage soit presque toujours ouvert.

2. Autres commentaires :

- L'absence d'appareils de chauffage à combustion ou le fait qu'ils soient isolés de la maison offre les meilleures garanties d'air pur et de sécurité, puisqu'on élimine les sous-produits de la combustion ou qu'ils sont complètement séparés du système d'aération de la maison.

Feuille de travail U

Gestion de l'air — Systèmes de chauffage exigeant uniquement une alimentation en air comburant

1. Alimentation en air comburant :

- En raison de la faible consommation d'air des appareils de chauffage exigeant uniquement une alimentation en air comburant et parce qu'ils peuvent fonctionner sans danger même sous des pressions négatives, il n'est pas absolument essentiel de prévoir un dispositif spécial d'alimentation en air comburant, mais il est fortement recommandé de le faire.

2. Rétablissement d'une pression négative :

- Bien que les appareils appartenant à cette catégorie tirent leur air comburant de la maison, leur consommation d'air est insuffisante pour créer une forte dépression à l'intérieur de la maison.
- Il sera donc nécessaire de prévoir un conduit d'aération complété par un régulateur de tirage, comme le montre la feuille de travail T.

3. Autres commentaires :

- Les appareils de chauffage à condensation ont généralement une grande efficacité thermique. Leur coût d'acquisition notablement supérieur à celui des types traditionnels d'appareils de chauffage, sera au moins partiellement compensé par les économies d'énergie qu'ils permettront de réaliser et par le fait qu'ils n'exigent pas de conduit de fumée.

Feuille de travail V

Gestion de l'air — Systèmes de chauffage exigeant un approvisionnement en air comburant et en air d'entraînement des produits de combustion

1. Alimentation en air de combustion et en air d'entraînement :

a. La consommation d'air de la plupart des appareils de chauffage traditionnels est importante. Dans une maison construite de façon étanche, il faudra donc une source d'air extérieur pour assurer une bonne combustion et un tirage efficace.

b. La façon la plus simple d'y arriver est d'installer l'appareil de chauffage (et les chauffe-eau à combustion) dans une chaufferie fermée, alimentée en air comburant par un conduit donnant sur l'extérieur (voir la figure 41).

c. Le conduit devrait se terminer à proximité de l'appareil de chauffage. Les dimensions de ce conduit peuvent être stipulées par les divers codes du bâtiment; à défaut, on s'assurera qu'il est assez grand pour alimenter convenablement l'appareil. À noter que certains codes du bâtiment interdisent l'installation d'un régulateur de tirage sur ce conduit. Lorsque cela est permis, l'ouverture du régulateur est commandée automatiquement par les cycles de chauffage. Ajoutons que les fabricants d'appareils de chauffage n'accueillent pas toujours d'un bon œil ce genre de contrôle.

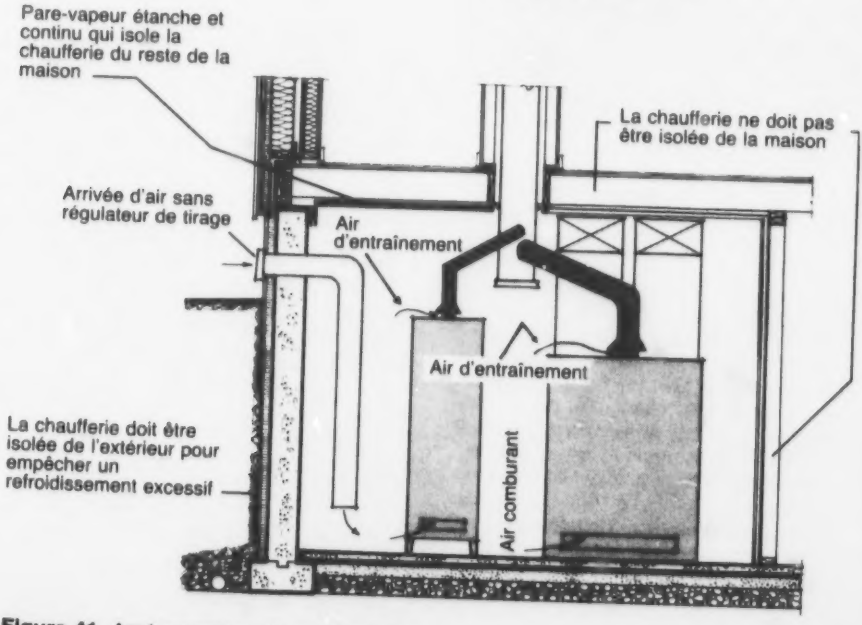


Figure 41. Aménagement d'une chaufferie

d. Pour maintenir l'étanchéité de l'aire habitable, on isolera la chaufferie du reste de la maison. On y parviendra en isolant la pièce au moyen d'un pare-vapeur étanche à l'air et en garnissant les portes de bourrelets bien ajustés. Il ne faut pas oublier d'autre part que le conduit de retour d'air et les conduits de distribution de la chaleur véhiculent l'air de la maison et qu'ils doivent être rendus étanches.

e. La température de la chaufferie ne doit pas baisser à moins de 10°C, sous peine de provoquer de la condensation et même du gel dans les conduits de fumée. De plus, l'appareil de chauffage tend à perdre de son efficacité quand la température ambiante devient trop froide et la garantie pourrait en être invalidée.

f. La chaufferie ne doit donc pas être isolée par l'intérieur de la maison, mais plutôt par l'extérieur des murs de fondation.

g. Les dispositifs de ventilation et de récupération de la chaleur ne doivent pas être installés dans la chaufferie sans quoi le fonctionnement de l'un entraverait celui de l'autre et qu'il serait beaucoup plus compliqué de sceller la pièce.

h. Un régulateur de tirage installé sur le conduit de fumée contribuera à réduire la déperdition de chaleur de la chaufferie. Toutefois, ce dispositif est à éviter s'il y a risque de refroidissement important entre les cycles de chauffage, refroidissement qui pourrait provoquer de la condensation et du gel dans le conduit de fumée. De façon générale, on peut utiliser sans danger un régulateur de tirage si le conduit de fumée est isolé ou du moins protégé des intempéries, ce qui exclut par exemple les conduits de fumée et les cheminées adossés sur les murs extérieurs.

i. Il existe une meilleure façon de contrôler la déperdition de chaleur par le conduit de fumée en introduisant dans le conduit d'amenée d'air un régulateur de tirage motorisé. À noter que la chaufferie étant étanche à l'air, le débit d'air dans le conduit de fumée sera restreint s'il n'est pas compensé par l'air qui circule dans le conduit d'amenée. De plus, avec le contrôle de l'air d'arrivée, il est moins probable que la chaufferie soit exposée à un refroidissement excessif. Si on relie l'opération du régulateur de tirage à l'appareil de chauffage, rien n'est répandu et nous sommes assurés d'une excellente combustion. Toutefois, cette nouvelle conception ne s'intègre pas encore à des produits compatibles existants et certaines localités ne sont pas prêtes à l'accepter.

j. Enfin, il est important de calculer la puissance de l'appareil de chauffage en fonction des besoins de chauffage de la maison. En installant un appareil trop puissant, on sera forcé de poser un conduit d'amenée d'air également surdimensionné, qui risque de «congeler» la chaufferie. De plus, des intervalles de chauffage trop longs (qui peuvent se produire dans les maisons EPÉ) peuvent entraîner un refroidissement excessif du conduit de fumée ou de la cheminée.

2. Rétablissement d'une pression négative :

a. Les appareils de chauffage alimentés aux matériaux de combustion ou par des courants d'air provoquent une pression négative dans la maison.

Foyers et poêles à bois

De façon générale, l'emploi de foyers et de poêles «non étanches» dans les maisons EPÉ n'est pas conseillé. Si on décide néanmoins d'installer un foyer, celui-ci doit posséder sa propre alimentation en air. Même là, les pertes de chaleur par la cheminée seront considérables.

Les poêles à bois utilisés comme appareils de chauffage principal doivent être «étanches» et alimentés en air comburant par un conduit donnant directement sur l'extérieur. Ce conduit doit être isolé pour éviter la condensation de l'humidité sur sa surface et il doit être entouré d'un joint étanche aux endroits où il traverse le pare-vapeur étanche à l'air.

Si le poêle «étanche» est utilisé comme appareil d'appoint, donc irrégulièrement, on peut omettre le conduit d'alimentation en air comburant à condition que les moyens mis en œuvre pour créer une pression négative ne soient pas en marche quand le poêle fonctionne. La première solution (amenée d'air reliée à l'extérieur) reste néanmoins préférable dans tous les cas.

Appareils de chauffage portatifs

Les petits appareils de chauffage individuels et portatifs, en particulier les appareils alimentés au kérosène, suscitent un intérêt croissant. Parce qu'ils sont portatifs, il n'est pas possible de les raccorder à une amenée d'air comburant ni à un tuyau de fumée. Le taux de combustion peut être suffisamment faible pour ne pas créer un problème d'alimentation en air, mais la combustion produit beaucoup de vapeur d'eau, qui risque d'élever le taux d'humidité intérieure à un niveau excessif. De plus, l'atmosphère d'une maison ainsi chauffée connaîtra, en même temps qu'une augmentation du taux de gaz carbonique, une diminution du taux d'oxygène respirable. Pour toutes ces raisons, l'emploi de ce type d'appareil n'est pas à conseiller dans une maison EPÉ.

Conclusion

La conception et la construction des maisons efficaces au plan énergétique suppose qu'on s'éloigne dans une certaine mesure des pratiques courantes de construction. Certaines des plus importantes innovations techniques reliées à la construction EPÉ ont été décrites dans le présent ouvrage. D'autres idées, d'autres méthodes et d'autres techniques s'imposeront peut-être avec le temps, mais déjà des progrès importants ont été accomplis.

D'autre part, il faut bien se rendre compte que l'efficacité thermique d'une habitation ne dépend pas uniquement de l'étanchéité du pare-vapeur ou de l'épaisseur de l'isolant. D'autres facteurs ont aussi un rôle à jouer.

Par exemple :

- Il faut, c'est évident, plus de chaleur pour chauffer une grande maison qu'une petite. Le choix d'une maison de taille modeste, conçue de manière à faire un usage efficace de l'espace disponible, est aussi une façon d'économiser de l'énergie. «Dans les petits pots les bons onguents».
- Le plan d'une maison influence ses besoins en énergie. La surface totale des murs extérieurs et des plafonds peut varier étonnamment pour une même aire habitable. Plus l'espace intérieur habité d'une maison s'approche de la forme du cube, plus elle sera efficace au plan énergétique.
- Le type de système de chauffage et les caractéristiques de l'installation ont une influence sur la consommation énergétique de la maison : ainsi, un appareil trop puissant pourra gaspiller une bonne partie de l'énergie gagnée par les diverses mesures mises en oeuvre dans la construction EPÉ.
- Le choix du site et son aménagement auront aussi leur importance. Ainsi, les arbres, arbustes, bâtiments annexes, etc., peuvent être disposés de façon à briser les vents dominants en hiver et protéger la maison de la chaleur du soleil en été.

Une conception experte, un travail soigné, des inspections attentives et un public averti sont les ingrédients d'une vigoureuse percée de la construction EPÉ sur le marché domiciliaire. Il n'y a aucune raison pour que ces objectifs ne soient pas atteints. Aussi, il est à prévoir que les maisons efficaces au plan énergétique occuperont dans l'avenir une part de plus en plus grande du marché de l'habitation au Canada.

Bibliographie

Builder's Guide to Energy Efficiency in New Housing. Toronto : Association canadienne de l'habitation et du développement urbain, 1980.

Construction de maison à ossature de bois, Canada, édition métrique. Ottawa : Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1981.

External Insulation of Basements. Toronto : Association canadienne de l'habitation et du développement urbain, 1983.

Glossaire des termes de construction et d'aménagement de terrain. LNH 1165. Ottawa : Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1982.

Les économies d'énergie dans les petits bâtiments résidentiels neufs. LNH 5418. Ottawa : Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1981.

Les économies d'énergie dans l'habitation. LNH 5151. Ottawa : Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1977.

Les membranes d'étanchéité. Eyre, D. et D. Jennings. Ottawa : Énergie, Mines et Ressources, Canada. Troisième édition, mars 1982.

Mesures d'économie d'énergie dans les nouveaux bâtiments, édition 1978. Publication Nº 16574 du CNRC. Ottawa : Conseil national de recherches du Canada, 1978.

Nature et causes de la condensation dans la maison et mesures préventives. LNH 5319. Ottawa : Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1980.

Liste des feuilles de travail

A Installation du pare-vapeur étanche à l'air 24

B Murs de fondation/ Isolation extérieure/ Panneaux rigides 31

C Murs de fondation/ Isolation extérieure/ Laine de verre ou laine minérale 33

D Murs de fondation/ Isolation intérieure/ Laine de verre ou laine minérale 36

E Murs de fondation/ Isolation intérieure/ Panneaux rigides 38

F Murs de fondation/ Problèmes particuliers 40

G Murs de fondation/ Bois traité 41

H Plancher de sous-sol/ Isolation sous les dalles 43

I Vides sanitaires 45

J Dalles flottantes 48

K Solives de rive du rez-de-chaussée 49

L Murs à ossature unique 54

M Murs à ossature double 57

N Ajustement étanche du pare-vapeur des murs autour des obstacles 59

O Plafonds ordinaires 60

P Plafonds cathédrale 65

Q Les fenêtres 67

R Les portes 70

S Ventilation de l'aire habitée 71

T Gestion de l'air — Systèmes de chauffage ne recevant pas d'air comburant ni d'air d'entraînement des produits de combustion 75

U Gestion de l'air — Systèmes de chauffage exigeant uniquement une alimentation en air comburant 76

V Gestion de l'air — Systèmes de chauffage exigeant un approvisionnement en air comburant et un air d'entraînement des produits de combustion 77